



## **TUGAS AKHIR - MO. 141326**

Studi Eksperimen Pengaruh Jarak terhadap  
Redaman Gelombang pada Pembangkit Listrik  
Tipe *Oscillating Wave Surge* Sistem Jamak

Mochamad Aji Pamungkas  
NRP. 04311440000052

Dosen Pembimbing:  
Sholihin, S.T., M.T.  
Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.

Departemen Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

(halaman ini sengaja dikosongkan)



## **FINAL PROJECT - MO 141326**

### **Experimental Study of Gap Influence to Wave Reduction on Oscillating Wave Surge Power Plant Farm System**

Mochamad Aji Pamungkas  
NRP. 04311440000052

Supervisors:  
Sholihin, S.T., M.T.  
Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.

Departemen Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## LEMBAR PENGESAHAN

### Studi Eksperimen Pengaruh Jarak terhadap Redaman Gelombang pada Pembangkit Listrik Tipe *Oscillating Wave Surge* Sistem Jamak

#### Tugas Akhir

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi S1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi  
Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Oleh :

Mochamad Aji Pamungkas

NRP. 04311440000052

Disetujui oleh :

Sholihin, S.T., M.T.

Prof.Ir.Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.

Dr.Ir.Hasan Ikhwani, M.Sc

Sujantoko, S.T., M.T.



(Pembimbing 1)

(Pembimbing 2)

(Penguji 1)

(Penguji 2)

Surabaya, Juli 2018

(halaman ini sengaja dikosongkan)

# **Studi Eksperimen Pengaruh Jarak terhadap Redaman Gelombang pada Pembangkit Listrik Tipe *Oscillating Wave Surge* Sistem Jamak**

Nama : Mochamad Aji Pamungkas  
NRP : 04311440000052  
Departemen : Teknik Kelautan  
Dosen Pembimbing : Sholihin, S.T., M.T,  
Prof.Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.

## **ABSTRAK**

Gelombang laut merupakan salah satu sumber energi terbarukan di wilayah perairan. Salah satu teknologi pembangkit listrik tenaga gelombang laut adalah *Oscillating Wave Surge (OWS)*. Prinsip kerja *OWS* ialah memanfaatkan gelombang datang untuk menggerakkan *flap*/deflektor yang merupakan bagian dari struktur *OWS*, lalu dari gerakan tersebut akan menghasilkan energi kinetik yang akan dikonversi menjadi energi listrik oleh *Power Take Off (PTO) system*. *OWS* diinstal di perairan dengan sistem jamak, artinya ada beberapa *OWS* yang terpasang di perairan agar energi listrik yang dihasilkan dapat maksimal. Dari pemasangan *OWS* sistem jamak, selain menghasilkan energi juga akan mengakibatkan redaman gelombang sebelum mencapai garis pantai. Redaman gelombang ditunjukkan dengan angka koefisien transmisi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jarak pada pemasangan *OWS* sistem jamak terhadap redaman gelombang dan mengetahui pengaruh kecuraman gelombang terhadap redaman gelombang. Penelitian ini menggunakan metode pemodelan fisik yang dilakukan di Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut, Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Percobaan dilakukan menggunakan skala 1:40 dengan variasi jarak, sudut *flap*, dan kecuraman gelombang pada gelombang regular dan irregular. Hasil akhir penelitian didapatkan bahwa semakin rapat jarak transversal antar model maka akan semakin kecil koefisien transmisi yang dihasilkan dengan kisaran 0.16-0.22 untuk jarak terdekat, semakin renggang jarak longitudinal antar model akan semakin kecil koefisien transmisinya dengan kisaran 0.11-0.16 untuk jarak terenggang, dan semakin curam gelombang maka semakin kecil koefisien transmisi yang dihasilkan dengan kisaran 0.14-0.22 untuk gelombang tercuram.

*Kata Kunci*—Gelombang Irregular, Gelombang Regular, Jarak, Kecuraman  
Gelombang, Koefisien Transmisi, *OWS*.

(halaman ini sengaja dikosongkan)



# **Experimental Study of Gap Influence to Wave Reduction on Oscillating Wave Surge Power Plant Farm System**

Name : Mochamad Aji Pamungkas  
NRP : 04311440000052  
Department : Ocean Engineering  
Supervisors : Sholihin, S.T., M.T,  
Prof.Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.

## **ABSTRACT**

Ocean wave is one of the renewable energy and oscillating wave surge is one of power plant technology that using ocean wave. Principle work of OWS is using the incident ocean wave to moving the OWS' flap backward and forward then changing the movement of the flap from kinetic energy to electricity energy by Power Take Off (PTO) system. OWS are installed in farm system, it means there are several OWS in ocean to maximize producing the electricity energy. From the OWS farm installation, besides producing electricity energy, OWS can also reduce ocean wave height before reaching shore line. The purpose of this research is to analyze gap's influence on OWS wave farm installation to wave reduction and analyze wave steepness influence to wave reduction. The wave reduction is indicated with transmission coefficient. The research using physical model method in Laboratorium Energi & Lingkungan Laut, Ocean Engineering ITS. The models using 1:40 scale with gap variation, flap angle variation, and wave steepness variation in regular and irregular waves. Final results of the research are, if the transversal gap between models getting closer then the transmission coefficients are getting smaller with range 0.16 – 0.22 for the closest gap, if the longitudinal gap between models getting farther then the transmission coefficients are getting smaller with range 0.11 – 0.16 for the farthest gap, and if the waves are getting steeper then the transmission coefficients are getting smaller with range 0.14 – 0.22 for the steepest waves.

*Key words—Gap, Irregular Wave, Regular Wave, Oscillating Wave Surge, Transmission Coefficient, Wave Steepness.*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran, rahmat, dan nikmat Allah SWT sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi umat manusia. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada Rasulullah SAW sebagai manusia terbaik dan memberikan teladan positif kepada saya agar selalu semangat dan bermanfaat bagi sesama.

Tugas akhir dengan judul “**Studi Eksperimen Pengaruh Jarak terhadap Redaman Gelombang pada Pembangkit Listrik Tipe *Oscillating Wave Surge Sistem Jamak***” diselesaikan guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi sarjana (S1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Saya menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun diharapkan untuk perbaikan kedepannya.

Dengan segala kerendahan hati, semoga laporan tugas ini bermanfaat khususnya bagi saya dan bagi pembaca pada umumnya.

Surabaya, Juli 2018

Mochamad Aji Pamungkas

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pengerjaan dan penyelesaian laporan tugas akhir ini, saya mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses pembuatan laporan tugas akhir ini, antara lain:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orangtua saya, Bapak Sulastoyo dan Ibu Yeni Ellya yang selalu memberikan doa di setiap shalatnya dan dukungan baik moril maupun materil kepada saya.
3. Seluruh kakak – kakak saya, Kak Billy, Mba Dita, Mba Novy, dan Bang Ryard yang memberikan semangat serta dukungan.
4. Bapak Sholihin, S.T., M.T. dan Bapak Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing saya yang selalu memberikan masukan untuk tugas akhir ini.
5. Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D dan Ibu Dr.Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T. atas keluagan waktu untuk membantu berdiskusi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Dr.Ir.Hasan Ikhwani, M.Sc dan Bapak Sujantoko, S.T., M.T. selaku penguji tugas akhir yang telah memberi masukan untuk tugas akhir ini.
7. Bapak Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen wali saya selama kuliah di Teknik Kelautan ITS yang memberikan saran selama kuliah di ITS.
8. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D. selaku kepala Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di laboratorium.
9. Pak Arif Mochtar selaku asisten Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut atas segala bantuan dan keramahannya untuk uji coba pada tugas akhir ini.
10. Tim tugas akhir OWS, Ardi dan Atikah atas bantuan dan *sharing* pengetahuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Teman – teman bimbingan Pak Sholihin dan Pak Mukhasor yang selalu ramah dan siap membantu. Semoga tetap solid.

12. Teman – teman Maelstrom 2014 dan Pejuang 118 yang selalu ramah dan selalu siap membantu. Semoga tetap solid.
13. Ibu Aminah sebagai pemilik kost PSKG II atas segala bantuan selama studi di ITS Surabaya.
14. Teman – teman penghuni kost PSKG II, Aldy, Palep, Senko, Rama, Anto, Arief, Mas Arizal, Mas Nufi, Irfan, Onta, Rino, Mas Mirza, Mas Andi, dan Dimas sebagai keluarga di tanah perantauan Surabaya. Semoga tetap solid.
15. Seluruh keluarga besar Galas Surabaya dan Eleveforth Jatim sebagai teman seperjuangan di tanah perantauan. Semoga tetap solid.
16. Seluruh dosen – dosen Teknik Kelautan FTK ITS yang telah memberikan ilmunya selama masa perkuliahan.
17. Penghuni Lab *Flume Tank* atas segala bantuan, keramahan, dan keguyubannya, semoga tetap solid.
18. Seluruh karyawan Teknik Kelautan FTK ITS yang telah membantu kelancaran proses perkuliahan dan segala kebutuhan administrasi.
19. Adik – adik mahasiswa Teknik Kelautan atas motivasi dan semangatnya.

Surabaya, Juli 2018

Mochamad Aji Pamungkas

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB 1 .....	1
Pendahuluan .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Manfaat .....	3
1.5. Batasan Masalah .....	3
1.6. Sistematika Laporan .....	4
BAB 2 .....	7
Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori .....	7
2.1. Tinjauan Pustaka .....	7
2.2. Dasar Teori .....	12
2.2.1. Teori Gelombang .....	12
2.2.2. Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif .....	13
2.2.3. Karakteristik Gelombang .....	14
2.2.4. Pemodelan Fisik .....	19
2.2.5. Teori Perancangan dan Analisis Eksperimen .....	22
BAB 3 .....	27
Metodologi Penelitian .....	27
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	27
3.2. Penjelasan Diagram Alir .....	28
3.3. Jadwal Pengerjaan TA .....	43
BAB 4 .....	45
Analisis Data dan Pembahasan .....	45
4.1. Analisis Dimensi .....	45
4.2. Kalibrasi Alat .....	48

4.2.1. Kalibrasi wave generator .....	48
4.2.2. Kalibrasi wave probe .....	52
4.3. Analisis Perhitungan Kt .....	57
4.4. Validasi <i>Software Matlab</i> .....	61
4.5. Pengaruh Jarak terhadap Redaman Gelombang .....	65
4.5.1. Koefisien transmisi pada Kondisi Jarak Transversal .....	65
4.5.2. Koefisien Transmisi pada Kondisi Jarak Longitudinal .....	69
4.6. Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap Redaman Gelombang .....	72
BAB 5 .....	77
Kesimpulan dan Saran .....	77
5.1. Kesimpulan .....	77
5.2. Saran .....	78
DAFTAR PUSTAKA .....	79



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. <i>Oyster Sistem Jamak Aquamarine Power</i> (Paul, 2014).	7
Gambar 2. 2. <i>Oyster 1 Aquamarine Power</i> (Paul, 2014).	7
Gambar 2. 3. Komponen OWS (Chehaze <i>et al</i> , 2016).	8
Gambar 2. 4. Pergerakan Plat: a) bergerak ke depan, b) bergerak ke belakang (Chehaze <i>et al</i> , 2016).	8
Gambar 2. 5. Model Fisik <i>Oscillating Wave Surge</i> (Lucas <i>et al</i> , 2012).	9
Gambar 2. 6. Konsep OWS (AW Energy, 2015).	10
Gambar 2. 7. Pergerakan <i>flap</i> (AW Energy, 2015).	10
Gambar 2. 8. Model Skala DEXA (Ruol, <i>et al</i> , 2010).	11
Gambar 2. 9. <i>Layout</i> uji coba DEXA (Ruol <i>et al</i> , 2010).	11
Gambar 2. 10. Variasi koefisien transmisi $K_T$ dengan $l/p$ , $h_1=0,55$ m & $h_2=0,65$ m (Ruol <i>et al</i> , 2010).	12
Gambar 2. 11. $K_T$ vs $l/p$ & $s$ .	12
Gambar 2. 12. Parameter Fungsi Kedalaman Relatif (Triatmodjo, 1999).	14
Gambar 2. 13. Definisi Parameter Gelombang (Triatmodjo, 2012).	15
Gambar 2. 14. Sketsa Gelombang Acak (Bhattacharyya, 1972).	16
Gambar 2. 15. Model Umum Sistem/Proses.	23
Gambar 2. 16. Respon Permukaan 3-Dimensi yang Menunjukkan Hasil sebagai Fungsi Temperatur ( $x_1$ ) dan Tekanan ( $x_2$ ).	24
 Gambar 3. 1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.	28
Gambar 3. 2. Desain Model Fisik OWS.	29
Gambar 3. 3. Model Fisik OWS (dokumentasi pribadi).	30
Gambar 3. 4. Peletakkan Model OWS di Kolam Gelombang Jarak Transversal (Tampak Samping).	32
Gambar 3. 5. Peletakkan Model OWS di Kolam Gelombang Jarak Transversal (Tampak Atas).	32
Gambar 3. 6. Peletakkan Model OWS di Kolam Gelombang Jarak Longitudinal (Tampak Samping).	33
Gambar 3. 7. Peletakkan Model OWS di Kolam Gelombang Jarak Longitudinal (Tampak Atas).	33
Gambar 3. 8. Kolam Gelombang (dokumentasi pribadi).	34
Gambar 3. 9. <i>Control Panel Wave Generator</i> (dokumentasi pribadi).	34
Gambar 3. 10. <i>Interface ADC</i> (dokumentasi pribadi).	35
Gambar 3. 11. <i>Wave Probe</i> (dokumentasi pribadi).	36
Gambar 3. 12. <i>Wave Probe</i> (dokumentasi pribadi).	36
Gambar 3. 13. Komputer <i>input</i> data.	37
Gambar 3. 14. Komputer <i>output</i> data.	37
Gambar 3. 15. Jarak Transversal pada Kondisi $x_t = 2/3$ B.	38
Gambar 3. 16. Jarak Transversal pada Kondisi $x_t = 1/2$ B.	38
Gambar 3. 17. Jarak Transversal pada Kondisi $x_t = 2/5$ B.	38
Gambar 3. 18. Jarak Transversal pada Kondisi $x_t = 1/9$ B.	38
Gambar 3. 19. Jarak Longitudinal pada Kondisi $x_l = 7/9$ B.	38
Gambar 3. 20. Jarak Longitudinal pada Kondisi $x_l = 1/2$ B.	39
Gambar 3. 21. Jarak Longitudinal pada Kondisi $x_l = 2/9$ B.	39

Gambar 3. 22. Jarak Longitudinal pada Kondisi $x_l = 1/9 B$ .....	39
Gambar 3. 23. <i>OWS</i> Sudut <i>Flap</i> $45^0$ .....	39
Gambar 3. 24. <i>OWS</i> Sudut <i>Flap</i> $60^0$ .....	40
Gambar 3. 25. <i>OWS</i> Sudut <i>Flap</i> $90^0$ .....	40
Gambar 4. 1. Analisis Dimensi <i>OWS</i> Tampak Depan (Jarak Transversal). ....	45
Gambar 4. 2. Analisis Dimensi <i>OWS</i> Tampak Samping (Jarak Transversal). ....	45
Gambar 4. 3. Analisis Dimensi <i>OWS</i> Tampak Samping (Jarak Longitudinal). ....	47
Gambar 4. 4. Analisis Dimensi <i>OWS</i> Tampak Depan (Jarak Longitudinal). ....	47
Gambar 4. 5. Kondisi air tenang (sumber: dokumentasi pribadi) .....	49
Gambar 4. 6. Kondisi lembah gelombang (dokumentasi pribadi).....	49
Gambar 4. 7. Kondisi Puncak Gelombang (dokumentasi pribadi).....	49
Gambar 4. 8. Hubungan $H_{input}$ dengan $H_{output}$ . ....	51
Gambar 4. 9. Hubungan $T_{input}$ dengan $T_{output}$ . ....	51
Gambar 4. 10. Pengaruh Perubahan <i>Zero Point</i> terhadap Konduktivitas <i>Wave</i> <i>Probe 1</i> (sebelum eksperimen). ....	53
Gambar 4. 11. Pengaruh Perubahan <i>Zero Point</i> terhadap Konduktivitas <i>Wave</i> <i>Probe 2</i> (sebelum eksperimen). ....	54
Gambar 4. 12. Pengaruh Perubahan <i>Zero Point</i> terhadap Konduktivitas <i>Wave</i> <i>Probe 1</i> (setelah eksperimen). ....	55
Gambar 4. 13. Pengaruh Perubahan <i>Zero Point</i> terhadap Konduktivitas <i>Wave</i> <i>Probe 2</i> (setelah eksperimen). ....	56
Gambar 4. 14. Elevasi Muka Air. ....	59
Gambar 4. 15. Gelombang Regular (Manual). ....	61
Gambar 4. 16. Gelombang Regular ( <i>Matlab</i> ). ....	62
Gambar 4. 17. Grafik Gelombang Irregular (Manual). ....	62
Gambar 4. 18. Grafik Gelombang Irregular ( <i>Matlab</i> ). ....	63
Gambar 4. 19. $K_t$ vs $x_t/B$ Gelombang Regular.....	66
Gambar 4. 20. $K_t$ vs $x_t/B$ Gelombang Irregular. ....	67
Gambar 4. 21. $K_t$ vs $x_l/B$ Gelombang Regular.....	69
Gambar 4. 22. $K_t$ vs $x_l/B$ Gelombang Irregular. ....	70
Gambar 4. 23. Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap Koefisien Transmisi (Armono, 2004). ....	72
Gambar 4. 24. Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap $K_t$ (Jarak Transversal Sudut $90^0$ ). ....	73
Gambar 4. 25. <i>Response Surface</i> $K_t$ vs $H_i/gT^2$ (transversal, sudut <i>flap</i> $90^0$ ). ....	75

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tabel Perancangan Metode <i>Steepest Ascent</i> . .....	25
Tabel 3. 1. Skala Model Eksperimen Berdasarkan Prototipe ( <i>Flap</i> ). .....	29
Tabel 3. 2. Perbandingan Data Lingkungan Model dengan Prototipe. ....	32
Tabel 3. 3. Eksperimen Model OWS Jarak Transversal ( $B = 45$ cm). ....	41
Tabel 3. 4. Eksperimen Model OWS Jarak Longitudinal ( $B = 45$ cm). ....	42
Tabel 3. 5. Jadwal Pengerjaan TA. ....	43
Tabel 4. 1. Hasil Pengamatan Tinggi Gelombang. ....	50
Tabel 4. 2. Konduktivitas <i>Wave Probe</i> pada <i>Software Water Tide Meter</i> .....	52
Tabel 4. 3. Pengaruh Perubahan <i>Zero Point</i> terhadap Konduktivitas <i>Wave Probe</i> 1 (sebelum eksperimen). ....	52
Tabel 4. 4. Pengaruh Perubahan <i>Zero Point</i> terhadap Konduktivitas <i>Wave Probe</i> 2 (sebelum eksperimen). ....	53
Tabel 4. 5. Konduktivitas <i>Wave Probe</i> (setelah eksperimen). ....	54
Tabel 4. 6. Pengaruh Perubahan <i>Zero Point</i> terhadap Konduktivitas <i>Wave Probe</i> 1 (setelah eksperimen). ....	55
Tabel 4. 7. Pengaruh Perubahan <i>Zero Point</i> terhadap Konduktivitas <i>Wave Probe</i> 2 (setelah eksperimen). ....	56
Tabel 4. 8. Hasil Perekaman Data <i>Wave Probe</i> . ....	57
Tabel 4. 9. Elevasi Muka Air. ....	58
Tabel 4. 10. Perbandingan Perhitungan Manual dengan <i>Matlab</i> . ....	61
Tabel 4. 11. Hasil Perhitungan Gelombang Irregular Manual. ....	63
Tabel 4. 12. Perbandingan Perhitungan Manual dengan <i>Matlab</i> . ....	64
Tabel 4. 13. Perbandingan Kt akibat Pengaruh Jarak Transversal Gelombang Regular. ....	65
Tabel 4. 14. Perbandingan Kt akibat Pengaruh Jarak Transversal Gelombang Irregular. ....	66
Tabel 4. 15. Perbandingan Kt akibat Pengaruh Jarak Longitudinal Gelombang Regular. ....	69
Tabel 4. 16. Perbandingan Kt akibat Pengaruh Jarak Longitudinal Gelombang Irregular. ....	70
Tabel 4. 17. Pengujian dengan Metode <i>Steepest Ascent</i> . ....	74

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A – TABEL PERHITUNGAN  $H_i/gT^2$  vs  $K_t$  (sudut 90 transversal)

LAMPIRAN B – TAMPILAN OUTPUT *SOFTWARE MATLAB* - *WAVAN*

LAMPIRAN C – DOKUMENTASI

## **BAB 1**

### **Pendahuluan**

#### **1.1.Latar Belakang Masalah**

Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk Indonesia menyebabkan kebutuhan energi untuk mendukung aktivitas sehari – hari menjadi semakin bertambah pula, khususnya energi listrik. Berdasarkan statistik ketenagalistrikan ESDM, hingga tahun 2015 penggunaan listrik mencapai 57.510 GWh, meningkat dibanding tahun 2011 yang hanya sebesar 40.862 GWh. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut yang semakin meningkat.

Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin, dan air. Energi tersebut dapat dihasilkan lagi dan lagi. Penggunaan dari sumber energi terbarukan dipicu oleh polusi lingkungan, perubahan iklim, keamanan dalam menyediakan energi, mengurangi cadangan bahan bakar fosil, dan ketidakpastian dalam pasar bahan bakar minyak (Oliveira, *et al*, 2015). Energi terbarukan lepas pantai, khususnya angin dan gelombang laut merupakan sumber energi yang memiliki potensi yang menjanjikan (Colazo, *et al*, 2014). Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki keuntungan untuk memanfaatkan gelombang laut sebagai sumber energi.

Berdasarkan data potensi energi gelombang laut di Indonesia, dapat diketahui bahwa Indonesia mempunyai harapan untuk pengembangan pembangunan energi baru dan terbarukan yang bersumber dari gelombang laut. Adapun potensi daya listrik yang dihasilkan dari sumber gelombang laut di Indonesia sebesar 1995 MW (Mukhtasor, 2014). Dengan jumlah 1995 MW merupakan jumlah yang tidaklah sedikit, melihat data tersebut didapat dari beberapa wilayah di Indonesia. Artinya, apabila seluruh wilayah di Indonesia dilakukan

survei potensi energi gelombang laut, maka potensi daya listrik yang dihasilkan akan semakin besar dan dapat bersaing di dunia.

Salah satu teknologi pembangkit listrik tenaga gelombang laut ialah tipe *oscillating wave surge (OWS)*. Komponen utama *OWS* menggunakan deflektor berengsel dan piston yang akan digerakkan oleh gelombang laut dan dikonversi menjadi energi listrik. Selain digunakan sebagai pembangkit listrik, *OWS* juga dapat meredam gelombang laut. Hal ini dikarenakan ketika gelombang laut berjalan mengarah ke pantai, struktur *OWS* dapat memanfaatkan gelombang tersebut untuk dikonversi menjadi energi listrik dan terjadi redaman gelombang sebelum mencapai garis pantai.

Norgaard dan Andersen (2012) meninjau kemampuan peredaman gelombang *Floating Wave Dragon Wave Converter* dengan memvariasikan jumlah dan susunan alat tersebut. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa variasi 5 WD lebih efektif meredam gelombang insiden dibandingkan dengan 1 WD. Maka dari itu, perlu dilakukan studi eksperimen pembangkit listrik tenaga gelombang laut tipe *Oscillating Wave Surge* dengan sistem jamak. Dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap redaman gelombang oleh pembangkit listrik tipe *OWS*. Penelitian dilakukan secara eksperimen model fisik dengan skala yang sesuai dengan berbagai macam jarak antar model susunan yang ditentukan. Dari penelitian ini diharapkan akan diketahui dampak perubahan jarak antar susunan terhadap perilaku alat ini dalam meredam gelombang.

## **1.2.Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh jarak transversal terhadap redaman gelombang pada pembangkit listrik tipe *OWS*?
2. Bagaimana pengaruh jarak longitudinal terhadap redaman gelombang pada pembangkit listrik tipe *OWS*?
3. Bagaimana pengaruh kecuraman gelombang terhadap redaman gelombang?

## **1.3.Tujuan**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh jarak transversal terhadap redaman gelombang pada pembangkit listrik tipe *OWS* sistem jamak.
2. Mengetahui pengaruh jarak longitudinal terhadap redaman gelombang pada pembangkit listrik tipe *OWS* sistem jamak.
3. Mengetahui pengaruh kecuraman gelombang terhadap redaman gelombang.

## **1.4.Manfaat**

Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh jarak transversal terhadap redaman gelombang, pengaruh jarak longitudinal terhadap redaman gelombang, dan pengaruh kecuraman gelombang terhadap redaman gelombang pada pembangkit listrik tipe *OWS* sistem jamak.

## **1.5.Batasan Masalah**

Batasan Masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini akan menggunakan pemodelan fisik untuk eksperimen dengan skala yang sesuai.
2. Variasi jarak antar model susunan ditentukan.
3. Kondisi perairan diasumsikan dalam keadaan surut.
4. Penelitian dilakukan di Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut Teknik Kelautan ITS.

5. Tipe gelombang yang digunakan adalah gelombang regular dan irregular.
6. Tidak menghitung jumlah energi yang dihasilkan *OWS*.
7. Tidak memperhitungkan kekuatan struktur *OWS*.
8. Deflektor model ditinjau secara statis dengan sudut kemiringan  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$  terhadap alas.
9. Arah sudut datang gelombang  $90^\circ$  terhadap model.
10. Fluida yang digunakan dalam eksperimen ini adalah air tawar dengan massa jenis sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$ .
11. Jenis *OWS* yang dieksperimenkan ialah *wave roller*.

## 1.6. Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini yaitu :

### **Bab 1 Pendahuluan**

Pada bab ini dijelaskan latar belakang dilakukannya penelitian tentang pembangkit listrik tipe *oscillating wave surge*. Selain itu juga dibahas mengenai perumusan masalah yang akan diselesaikan serta tujuan dan manfaat diadakannya penelitian ini. Agar pembahasan masalah lebih spesifik, maka akan diuraikan batasan masalah yang digunakan.

### **Bab 2 Dasar Teori**

Pada bab kedua dijelaskan tentang dasar teori dan tinjauan pustaka yang digunakan dalam menyelesaikan masalah yang ada dalam penelitian. Bab ini berisikan persamaan – persamaan dan/atau kode – kode yang digunakan sebagai landasan penyelesaian tugas akhir.

### **Bab 3 Metodologi Penelitian**

Pada bab 3 dijelaskan tentang langkah – langkah secara terperinci dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini. Selain itu juga dijelaskan pemodelan yang akan digunakan dalam melakukan penelitian.



#### **Bab 4 Analisis Data dan Pembahasan**

Pada bab ini menjelaskan tentang semua hasil penelitian yang telah dilakukan dan analisisnya. Pada bab ini juga dibahas tentang hasil pengolahan data yang nantinya akan menjawab tujuan dilakukannya penelitian ini.

#### **Bab 5 Kesimpulan dan Saran**

Pada bab ini berisi semua jawaban dari permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya dan menjawab tujuan dilakukannya penelitian ini. Bab ini juga berisi saran – saran untuk penelitian selanjutnya.

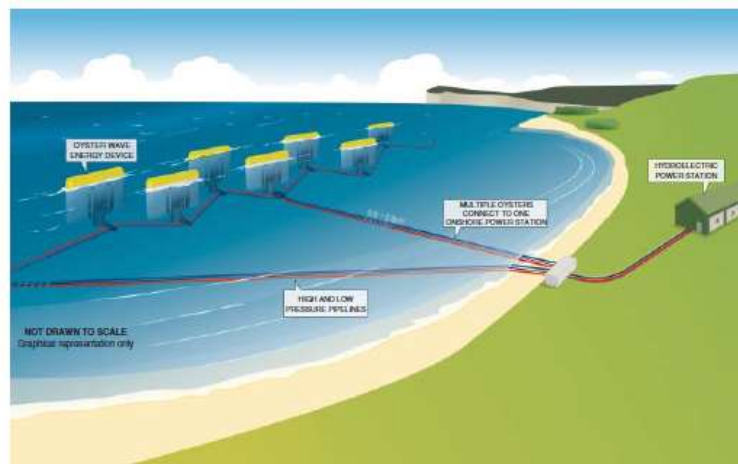
(halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB 2

### Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Dengan semakin berkembangnya teknologi untuk mengatasi masalah – masalah yang ada di umat manusia, perkembangan *OWS* sebagai pembangkit listrik tenaga energi gelombang laut telah berkembang. Penelitian yang telah lama dilakukan ialah perangkat *OWS* bernama *Oyster* yang diteliti dan dikembangkan oleh *Edinburgh*-perusahaan *Aquamarine Power* sejak 2005. *Oyster* diinstalasi pada jarak 500 m – 1 km dari garis pantai dan di kedalaman 10 – 15 m. Skema *oyster* sistem jamak diilustrasikan pada Gambar 2.1. Versi skala besar yang pertama, yaitu *Oyster 1*, dapat dilihat pada Gambar 2.2.

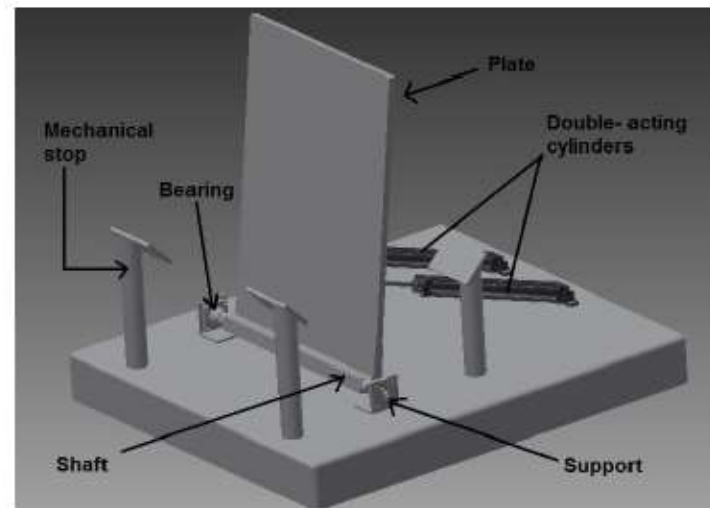


**Gambar 2. 1.** *Oyster* Sistem Jamak *Aquamarine Power* (Lynn, 2014).



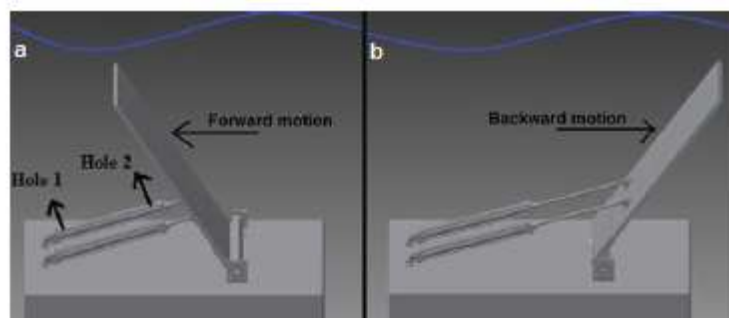
**Gambar 2. 2.** *Oyster 1* *Aquamarine Power* (Lynn, 2014).

Selain itu, penelitian telah dilakukan oleh Chehaze *et al* (2016), yaitu uji coba prototipe *OWS* di Perairan Libanon pada kedalaman 1,5 m dengan desain komponen utama seperti pada gambar berikut ini:



**Gambar 2. 3.** Komponen *OWS* (Chehaze *et al*, 2016).

Berdasarkan Gambar 2.3. , komponen yang memiliki peran sebagai deflektor gelombang ialah plat dengan ukuran panjang 1,3 m dan lebar 0,9 m. Plat tersebut ketika terkena hempasan gelombang akan dapat bergerak ke depan dan ke belakang seperti gambar berikut ini :



**Gambar 2. 4.** Pergerakan Plat: a)bergerak ke depan, b) bergerak ke belakang (Chehaze *et al*, 2016).

Mekanisme kerja dari *OWS* tersebut ialah ketika *OWS* ditempatkan di bawah air, sistem akan memanfaatkan energi gelombang laut yang mengenai plat yang terpasang. Setelah plat terkena energi gelombang dan menyebabkan plat tersebut bergerak, *double acting cylinders* akan ikut bergerak karena terhubung dengan plat yang bergerak. Setelah itu air akan

terpompa melalui sirkuit hidrolik ke tangki penyimpanan yang ditempatkan di elevasi yang lebih tinggi. Setelah mencapai tangki tersebut, air mengalir ke *hydro turbine generator* yang ditempatkan di elevasi yang lebih rendah dibanding tangki penyimpanan dan tenaga listrik pun dihasilkan.

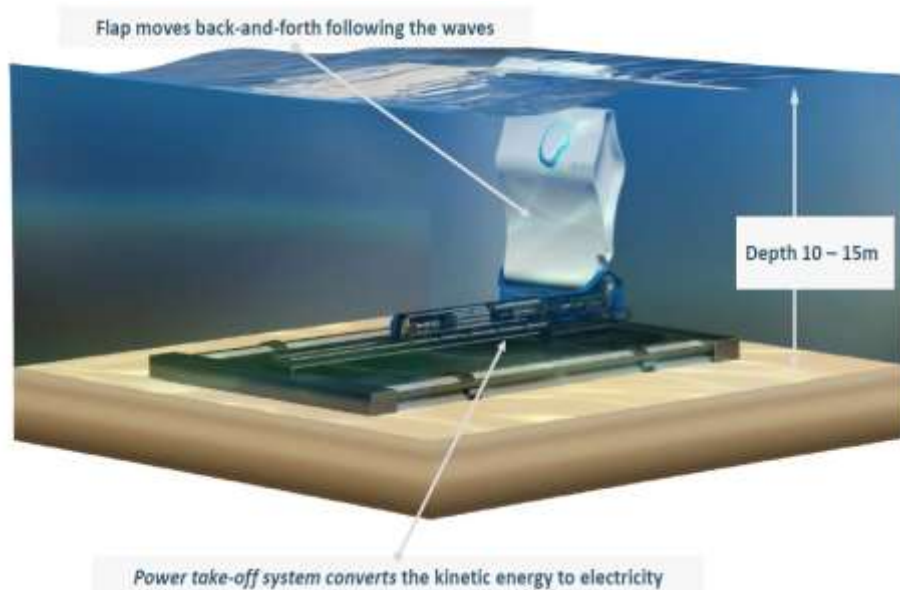
Lucas dkk (2012) melakukan penelitian perancangan produk komersil *Oscillating Wave Surge* milik AW-Energy dengan pengujian model fisik dan numerik di CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) *multidirectional wave basin* di Madrid, Spanyol untuk menemukan beban yang mengenai model serta estimasi energi yang dapat diterima oleh *Oscillating Wave Surge* sebagai sistem konversi energi. Model dibuat dengan skala 1:24 terhadap prototipenya seperti Gambar 2.5. berikut ini :



**Gambar 2. 5.** Model Fisik *Oscillating Wave Surge* (Lucas *et al*, 2012).

Selain penelitian yang dilakukan oleh Chehaze *et al* (2016) dan Lucas *et al* (2012), perkembangan penelitian OWS juga dilakukan oleh tim AW-energy. Erkki Kasanen (2015) menjelaskan tentang ujicoba OWS di Portugal dan

Prancis. *OWS* memiliki dimensi deflektor atau *flap* sebesar 18 m x 10 m (lebar x tinggi) dan memiliki *power* 350 kW. *OWS* tersebut ditempatkan pada rentang kedalaman 8 m – 20 m. Konsep kerjanya ialah *flap* akan bergerak maju dan mundur sesuai dengan gelombang, kemudian *Power Take Off (PTO) system* akan mengkonversi energi kinetik ke tenaga listrik.



**Gambar 2. 6.** Konsep *OWS* (AW Energy, 2015).

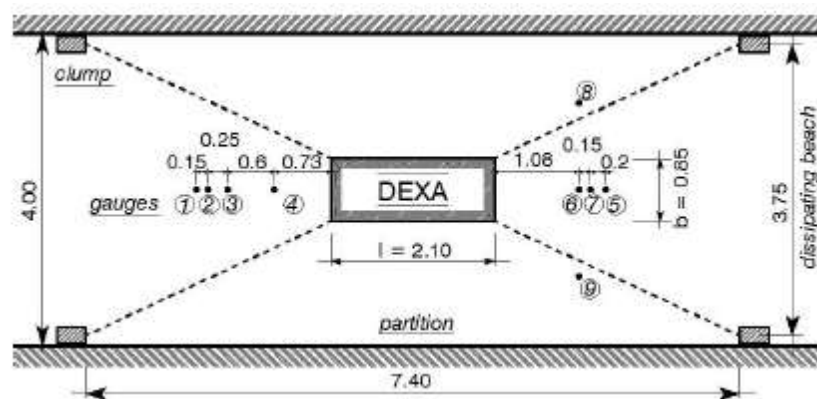


**Gambar 2. 7.** Pergerakan *flap* (AW Energy, 2015).

Namun penelitian yang dilakukan oleh tim *Edinburgh* (2005), *Chehaze et al* (2016), *Lucas et al* (2012), dan tim *AW Energy* (2015) tidak menganalisis redaman gelombang yang terjadi. Penelitian redaman gelombang oleh *wave converter* dilakukan oleh *Ruol et al* (2010). *Wave converter* yang diteliti ialah *Floating Wave Energy Converters (WECs)* yang diberi nama DEXA.

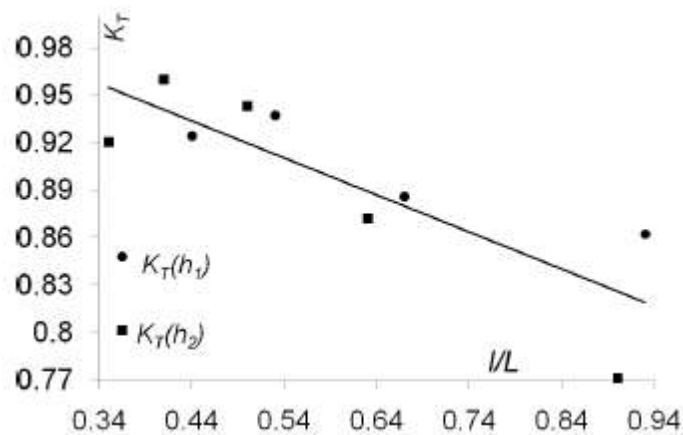


**Gambar 2. 8.** Model Skala DEXA (Ruol, *et al*, 2010).



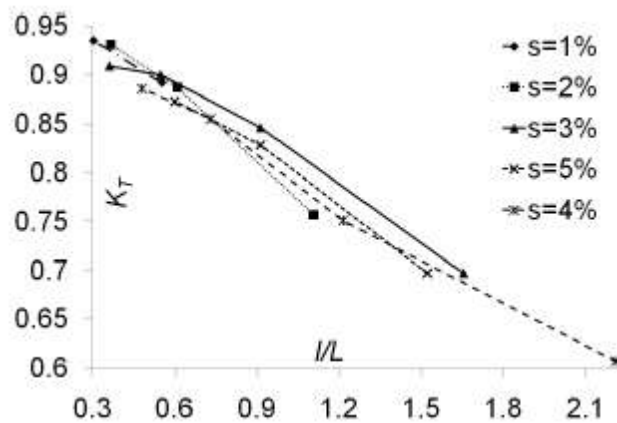
**Gambar 2. 9.** Layout uji coba DEXA (Ruol *et al*, 2010)

Dari penelitiannya menunjukkan bahwa ada ketergantungan dari nilai  $K_T$  terhadap panjang gelombang  $L_p$  seperti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Martinelli *et al* (2008) tentang *Floating Breakwater*. Secara spesifik, jika perbandingan antara panjang model dengan panjang gelombang  $l/L_p$  meningkat,  $K_T$  akan mengecil. Penjelasan tersebut dirangkum dalam grafik berikut ini :



**Gambar 2. 10.** Variasi koefisien transmisi  $K_T$  dengan  $l/l_p$ ,  $h_1=0,55$  m &  $h_2=0,65$  m (Ruol *et al*, 2010).

Selain itu, Ruol *et al* (2010) juga mengungkapkan pengaruh kecuraman gelombang  $s$  terhadap koefisien transmisi  $K_T$ . Berdasarkan gambar grafik 2.11, untuk nilai  $l/L_p$  yang sama, nilai  $K_T$  ( $s=5\%$ ) bernilai lebih kecil dibanding nilai  $K_T$  ( $s=3\%$ ). Artinya, semakin curam gelombang maka semakin mudah diredam oleh struktur.



**Gambar 2. 11.**  $K_T$  vs  $l/l_p$  &  $s$ .

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Teori Gelombang

Suatu gelombang memiliki parameter penting seperti panjang gelombang, tinggi gelombang, kedalaman air, dan periode gelombang. Panjang gelombang ( $L$ ) adalah jarak horizontal antara puncak atau lembah gelombang. Tinggi gelombang ( $H$ ) adalah jarak vertikal yang diukur dari



lembah gelombang hingga puncak gelombang. Kedalaman air ( $d$ ) adalah jarak antara muka air rerata dan dasar laut. Periode gelombang ( $T$ ) adalah waktu yang dibutuhkan oleh dua puncak/lembah gelombang yang berurutan melalui titik tertentu. Melalui parameter – parameter tersebut dapat diketahui parameter lain seperti kecepatan rambat gelombang ( $C$ ) adalah perbandingan antara panjang gelombang dengan periode gelombang ( $L/T$ ). Perhitungan panjang gelombang dapat diurai pada persamaan berikut ini :

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh kd \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana  $k$  adalah angka gelombang dengan persamaan :

$$k = \frac{2\pi}{L} \dots \dots \dots (2.3)$$

Sedangkan cepat rambat gelombang dapat diurai dengan persamaan sebagai berikut :

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right) \dots \dots \dots (2.4)$$

### 2.2.2. Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif

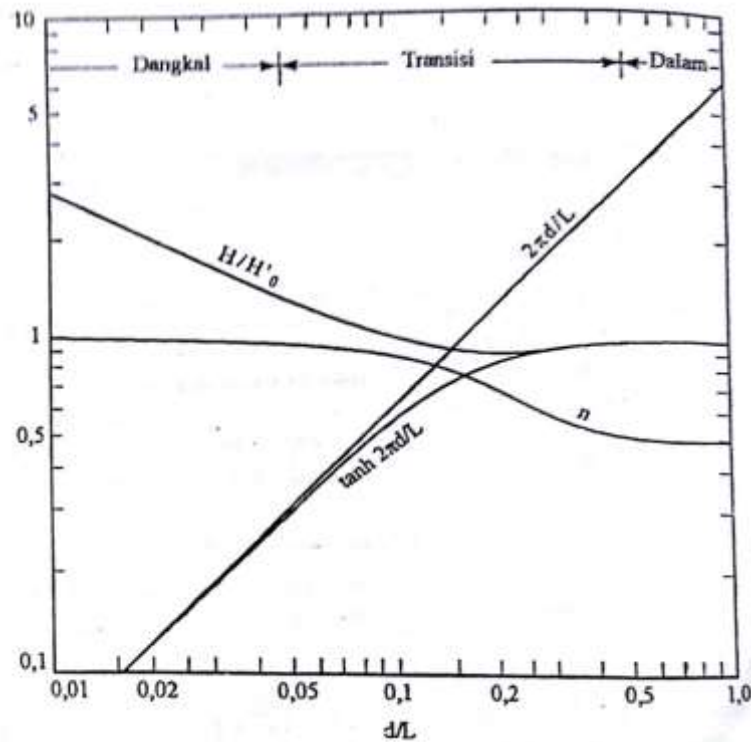
Kedalaman relatif adalah perbandingan antara kedalaman air  $d$  dan panjang gelombang  $L$ , ( $d/L$ ), dapat dikalsifikasikan menjadi:

- Gelombang di laut dangkal jika  $(d/L) \leq 1/20$
- Gelombang di laut transisi jika  $1/20 < (d/L) < 1/2$
- Gelombang di laut dalam jika  $(d/L) \geq 1/2$

Klasifikasi ini digunakan untuk menyederhanakan persamaan gelombang. Penyederhanaan ini dapat dijelaskan pada Gambar 2.10. yang menunjukkan parameter-parameter sebagai fungsi dari kedalaman relatif. Apabila kedalaman relatif ( $d/L$ ) lebih besar dari 0.5; nilai  $\tanh (2\pi d/L) = 1,0$  sehingga persamaan 2.2. dan 2.4. menjadi:

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \dots \dots \dots (2.6)$$

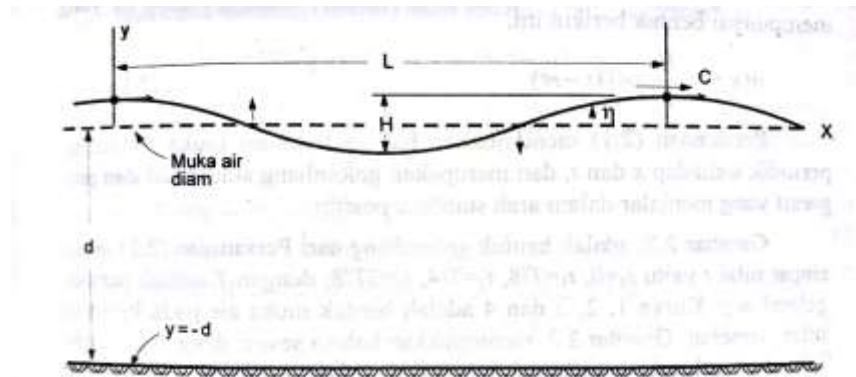


**Gambar 2. 12.** Parameter Fungsi Kedalaman Relatif (Triatmodjo, 1999).  
 Apabila percepatan gravitasi =  $9,81 \text{ m/s}^2$  maka persamaan 2.6 menjadi:  
 $L_0 = 1.56 T^2 \dots \dots \dots (2.7)$

### 2.2.3. Karakteristik Gelombang

#### a. Gelombang Linear (*Regular Wave*)

Secara sederhana suatu gelombang berada pada sistem koordinat x,y dan menjalar pada arah sumbu x (Triatmodjo, 2012). Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 2.13.



**Gambar 2. 13.** Definisi Parameter Gelombang (Triatmodjo, 2012).

Dengan :

- $d$  : jarak antara muka air rerata dari dasar laut
- $\eta(x,t)$  : fluktuasi muka air terhadap muka air diam
- $\alpha$  : amplitudo gelombang
- $H$  : tinggi gelombang  $= 2\alpha$
- $L$  : panjang gelombang
- $T$  : periode gelombang
- $C$  : kecepatan rambat gelombang  $= L/T$
- $k$  : angka gelombang  $= 2\pi/L$
- $\sigma$  : frekuensi gelombang  $= 2\pi/T$

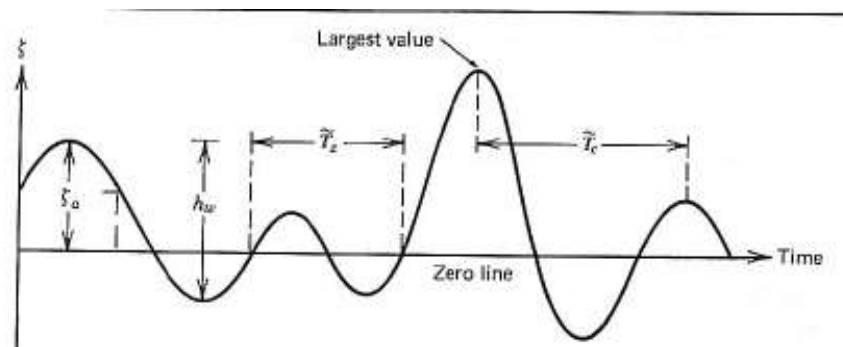
Pada gambar di atas gelombang bergerak dengan cepat rambat  $C$  di air dengan kedalaman  $d$ . Dalam hal ini yang bergerak (merambat) hanya bentuk (profil) muka airnya. Tidak seperti aliran di sungai di mana partikel (massa) air bergerak searah aliran, pada gelombang partikel air bergerak dalam satu orbit tertutup sehingga tidak bergerak maju ke arah sumbu  $x$ . Suatu pelampung yang berada di laut hanya bergerak naik turun mengikuti gelombang dan tidak berpindah (dalam arah penjaran) dari tempatnya semula. Gelombang linear mempunyai rangkaian puncak gelombang yang panjang dan paralel, memiliki ketinggian dan jarak yang sama diantara dua puncak gelombang. Selain

itu, gelombang linear bergerak dengan kecepatan yang konstan dan tanpa perubahan bentuk.

**b. Gelombang Acak (*Irregular Wave*)**

Gelombang acak menurut Battacharyya (1972) ditandai dengan :

1. Permukaan gelombang merupakan permukaan yang tidak beraturan, sangat kompleks dan sulit untuk digambarkan secara matematis karena ketidaklinierannya, tiga dimensi dan memiliki bentuk yang acak, dimana suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode yang berbeda.
2. Permukaan gelombang yang tidak beraturan selalu berubah dari waktu ke waktu dan bervariasi dari tempat ke tempat bergantung dengan kecepatan angin.



**Gambar 2. 14.** Sketsa Gelombang Acak (Bhattacharyya, 1972).

Keterangan :

- $\zeta$  = elevasi gelombang
- $\zeta a$  = amplitudo gelombang semu
- $h_w$  = tinggi gelombang semu
- $T_z$  = periode lintas nol semu
- $T_c$  = periode semu

Gelombang irregular tidak dapat didefinisikan menurut pola atau bentuknya, tetapi menurut energi total dari semua gelombang yang membentuknya (Bhattacharyya, 1972).

$$E_T = \sum E_i \dots \dots \dots (2.8)$$

Atau

$$E_T = \frac{1}{2} \rho g \sum \xi_{ai} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

- $E_T$  = energi total (joule/m)
- $E_i$  = energi masing – masing gelombang sinusoidal (joule/m)
- $\rho$  = densitas air laut ( $\text{kg/m}^3$ )
- $g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )
- $\xi_{ai}$  = amplitude gelombang (m)

Oleh karena itu, gelombang laut dapat dinyatakan menurut distribusi energinya terhadap frekuensi gelombang, panjang gelombang, dan periode gelombang. Distribusi energi gelombang menurut frekuesinya disebut spektrum gelombang.

### c. Spektrum Gelombang

Spektrum parameter tunggal yang paling sering digunakan adalah model Pierson-Moskowitz yang berdasarkan pada tinggi gelombang signifikan atau kecepatan angin. Selain itu beberapa spektrum parameter ganda yang bisa digunakan adalah Bretschneider, Scott, ISSC. Sedangkan spektrum JONSWAP merupakan spektrum yang menggunakan lima parameter namun biasanya tiga diantaranya adalah konstan. Model spektrum yang lebih kompleks lagi adalah model yang diciptakan oleh Ochi dan Hubble dengan menggunakan enam parameter. Spektrum ini menggambarkan dua puncak pada spektrum energi.

Spektrum JONSWAP dikemukakan oleh Hasselman (1973) berdasarkan percobaan yang dilakukan di North Sea. Formula atau persamaan untuk spektrum JONSWAP dapat ditulis dengan modifikasi dari persamaan P-M, yaitu

$$S\xi(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[ -1.25 \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[ \frac{-(\omega - \omega_0)^2}{2\tau^2 \omega_0^2} \right]} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

$\gamma$  = *peak edness* parameter (antara 1.0 – 7.0 , Laut Utara 3.3 , Indonesia 2.0 – 2.5 )

$\tau$  = *shape* parameter

$\alpha$  = 0.076 ( $x_0$ )<sup>-0.22</sup> jika x tidak diketahui maka  $\alpha$  = 0.00819

$\omega_0$  =  $2\pi \left( \frac{g}{U_w} \right) (x_0)^{-0.33}$

$x_0$  =  $gx/U_w^2$

x = panjang *fetch*

$U_w$  = kecepatan angin

$\omega_0^2$  = 0.161 g/H<sub>s</sub>

#### d. Transmisi Gelombang

Transmisi gelombang adalah gelombang yang diteruskan setelah melalui suatu bangunan laut yang parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang ditransmisikan (H<sub>t</sub>) dengan tinggi gelombang datang (H<sub>i</sub>) atau akar dari energi gelombang transmisi (E<sub>t</sub>) dengan energi gelombang datang (E<sub>i</sub>).

$$Kt = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan :

$Kt$  = transmisi gelombang

$H_t$  = tinggi gelombang transmisi

$H_i$  = tinggi gelombang datang

$E_t$  = energi gelombang transmisi

$E_i$  = energi gelombang datang

#### 2.2.4. Pemodelan Fisik

Pemodelan fisik dapat dikatakan sebagai percobaan yang dilakukan dengan membuat bentuk model yang sama dengan prototipenya atau menggunakan model yang lebih kecil dengan kesebangunan atau similaritas yang cukup memadai. Pemodelan fisik dilakukan apabila fenomena dari permasalahan yang ada pada prototipe sulit untuk diperoleh karena berbagai keterbatasan. Studi lapangan dapat menyediakan data yang akurat, tetapi biasanya membutuhkan biaya yang tinggi dan memuat variabel alam yang dapat menyebabkan kesulitan dalam interpretasi data. Hasil visualisasi tersebut mungkin merupakan hal yang tidak bisa dihasilkan secara teoritis atau dengan menggunakan perhitungan komputer (Hughes, 1993).

##### 2.2.4.1. Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik dipenuhi apabila bentuk model dan prototipe sebangun. Hal ini menyatakan ukuran panjang antara model dan prototype harus sebanding, jika skala model diberi notasi  $nL$  maka persamaan akan menjadi sebagai berikut (Hughes, 1993).

$$nL = \frac{L_p}{L_m} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

$nL$  = skala panjang

$L_p$  = panjang prototipe (m)

$L_m$  = panjang model (m)

##### 2.2.4.2. Sebangun Kinematik

Sebangun kinematik adalah dimana tingkah laku model dibuat sama dengan tingkah laku prototipenya. Serupa kinematik dipenuhi apabila rasio antara komponen semua gerak vektor dari model dan prototipe sama untuk semua partikel dan waktu (Hudson et al, 1979). Kecerupaan kinematik akan memastikan bahwa gerak gelombang dan kinematika aliran yang terjadi sudah teraplikasi dengan benar pada model fisiknya. Berdasarkan keserupaan kinematik, nilai-nilai skala antara model dan *prototype* dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Skala Waktu

$$\frac{t_{m1}}{t_{p1}} = \frac{t_{m2}}{t_{p2}} = \frac{t_{m3}}{t_{p3}} \dots \dots \dots (2.13)$$

2. Skala Kecepatan

$$\frac{v_{m1}}{v_{p1}} = \frac{v_{m2}}{v_{p2}} = \frac{v_{m3}}{v_{p3}} \dots \dots \dots (2.14)$$

3. Skala Percepatan

$$\frac{f_{m1}}{f_{p1}} = \frac{f_{m2}}{f_{p2}} = \frac{f_{m3}}{f_{p3}} \dots \dots \dots (2.15)$$

**2.2.4.3. Sebangun Dinamik**

Hughes (1993) menyatakan bahwa pada bangunan pantai proses fisik yang terjadi dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Gaya-gaya tersebut meliputi gaya inersia, gaya tekan, gaya berat, gaya gesek dan gaya tegangan permukaan. Dalam penelitian ini kriteria kesebangunan yang harus dipenuhi adalah kriteria sebangun dinamik menurut kondisi bilangan froude. Bilangan froude dapat diekspresikan dengan ratio antara gaya inersia dengan gaya gravitasi.

- Gaya inersia :  $F_i = \rho l^2 v^2 \dots \dots \dots (2.16)$

- Gaya berat :  $F_g = \rho l^3 g \dots \dots \dots (2.17)$

- Gaya gesek :  $F_\mu = \mu v l \dots \dots \dots (2.18)$

- Gaya tegangan permukaan :  $F_\sigma = \sigma l \dots \dots \dots (2.19)$

Kesebangunan dinamik dapat dinyatakan sebagai perbandingan gaya-gaya di atas sebagai bilangan tak berdimensi dan dinyatakan dalam kriteria kriteria sebagai berikut :

- Froude Number :  $\left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right) p = \left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right) m \dots \dots \dots (2.20)$

- Reynold Number :  $\left(\frac{\rho v L}{\mu}\right) p = \left(\frac{\rho v L}{\mu}\right) m \dots \dots \dots (2.21)$

- Euler Number :  $\left(\frac{P}{\sigma v^2}\right) p = \left(\frac{P}{\sigma v^2}\right) m \dots \dots \dots (2.22)$

- Weber Number :  $\left(\frac{\rho v^2 L}{\sigma}\right) p = \left(\frac{\rho v^2 L}{\sigma}\right) m \dots \dots \dots (2.23)$

- Cauchy Number :  $\left(\frac{\rho v^2}{E}\right) p = \left(\frac{\rho v^2}{E}\right) m \dots \dots \dots (2.24)$



Dengan :

$\rho$  = massa jenis fluida

$l$  = Panjang

$v$  = kecepatan

$g$  = percepatan gravitasi

$\mu$  = viskositas dinamik

$\sigma$  = tegangan permukaan

$E$  = modulus elastisitas

Rasio antara gaya gravitasi dan gaya inersia pada model dan prototipe harus sama, karena kedua gaya tersebut memiliki peranan yang penting didalam pemodelan, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$nFr = \frac{n_u}{(nL)^{0,5}} = 1 \dots \dots \dots (2.25)$$

#### **2.2.4.4. Kelebihan Pemodelan Fisik**

Dean dan Dalrymple (1984) menyatakan terdapat dua keuntungan dari pemodelan fisik, yaitu :

1. Persamaan yang digunakan dalam pemodelan fisik dipakai tanpa menyederhanakan asumsi yang biasanya digunakan dalam pemodelan analitis atau numerik.
2. Model dalam skala kecil akan mengurangi biaya untuk pengumpulan data dan mempermudah dalam pencatatan data bila dibandingkan dengan pengumpulan data secara langsung di lapangan.

#### **2.2.4.5. Kelemahan Pemodelan Fisik**

Menurut Hughes (1993) pemodelan fisik juga terdapat kesalahan yang mungkin terjadi diantaranya :

1. Efek laboratorium yang dapat memengaruhi proses simulasi secara keseluruhan apabila tidak dilakukan pendekatan yang sesuai dengan prototipenya. Hal tersebut disebabkan oleh ketidakmampuan untuk menghasilkan kondisi pembebanan yang realistis serta adanya

pengaruh keterbatasan yang dipunyai model terhadap proses yang disimulasikan.

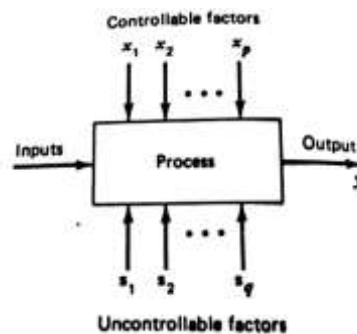
2. Efek skala, terjadi karena kita membuat model yang lebih kecil dari prototipe yang sebenarnya sehingga tidak mungkin memodelkan semua variabel yang relevan dalam hubungan yang benar satu sama lain. Dapat diumpamakan adanya efek skala ini sama dengan adanya penyederhanaan asumsi pada pemodelan numerik.

## **2.2.5. Teori Perancangan dan Analisis Eksperimen**

### **2.2.5.1. Definisi**

Menurut Montgomery (1991), eksperimen dilakukan oleh peneliti untuk mengetahui keadaan sebenarnya, biasanya untuk menemukan sesuatu tentang proses atau sistem tertentu. Secara umum, eksperimen disebut juga sebagai pengujian. Perancangan eksperimen adalah sebuah pengujian atau kumpulan beberapa pengujian yang mana perubahan – perubahan variabel dilakukan secara sengaja dalam sebuah sistem atau proses, sehingga kita dapat menemukan dan mengidentifikasi penyebab perubahan dalam respon hasil (*output*).

Proses atau sistem dalam studi dapat dinyatakan oleh model pada Gambar 2.15. Biasanya kita dapat membayangkan proses sebagai kombinasi beberapa mesin, metode, orang, dan sumber daya lainnya yang mengubah beberapa *input* (biasanya berupa material) menjadi *output* yang mempunyai satu atau lebih respon yang tampak. Beberapa variabel proses  $x_1, x_2, \dots, x_p$  dapat dikendalikan/dikontrol, dimana variabel yang lain  $z_1, z_2, \dots, z_p$  tidak dapat dikendalikan/dikontrol (walaupun mungkin dapat dikendalikan untuk tujuan pengujian).



**Gambar 2. 15.** Model Umum Sistem/Proses

Tujuan dari eksperimen ialah sebagai berikut :

1. Menentukan variabel yang paling berpengaruh dalam respon,  $y$ .
2. Menentukan posisi letak yang tepat untuk mengatur variabel  $x$  yang paling berpengaruh sehingga  $y$  hampir selalu berada di sekitar angka nominal yang diinginkan.
3. Menentukan posisi letak yang tepat untuk mengatur variabel  $x$  yang paling berpengaruh sehingga variasi  $y$  kecil.
4. Menentukan posisi letak yang tepat untuk mengatur variabel  $x$  yang paling berpengaruh sehingga efek dari variabel yang tidak terkendali  $z_1, z_2, \dots, z_p$  dapat diminimalisasikan.

#### **2.2.5.2. Perancangan dan Metode Respon Permukaan**

Metode Respon Permukaan adalah kumpulan teknik matematik dan statistik yang berguna untuk memodelkan dan menganalisis masalah, yang mana respon tersebut diakibatkan oleh beberapa variabel dan tujuannya ialah untuk optimalisasi respon tersebut. Sebagai contoh, seorang insinyur ingin menemukan tingkat temperatur ( $x_1$ ) dan tekanan ( $x_2$ ) yang memaksimalkan hasil dari sebuah proses. Hasil dari proses merupakan fungsi dari tingkat temperatur dan tekanan, seperti berikut :

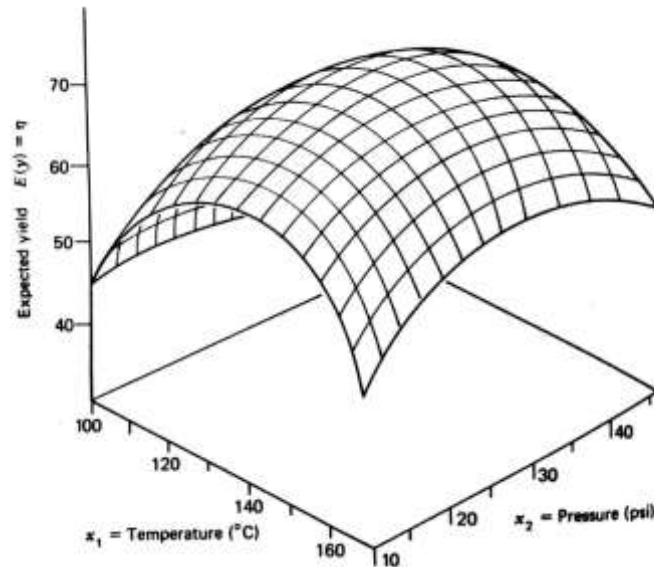
$$y = f(x_1, x_2) + \epsilon$$

dimana  $\epsilon$  adalah *error* dalam respon  $y$ . Jika kita nyatakan hasil yang diharapkan dengan  $E(y) = f(x_1, x_2) = \eta$  , maka permukaan yang ditunjukkan oleh

$$\eta = f(x_1, x_2)$$

disebut dengan respon permukaan.

Kita dapat menggambarkan grafik respon permukaan seperti pada Gambar 2.16, dimana  $\eta$  diplot dengan tingkat dari  $x_1$  dan  $x_2$ . Respon tersebut digambarkan sebagai permukaan solid di sebuah ruang 3 dimensi.



**Gambar 2. 16.** Respon Permukaan 3-Dimensi yang Menunjukkan Hasil sebagai Fungsi Temperatur ( $x_1$ ) dan Tekanan ( $x_2$ ).

Metode *steepest ascent* ialah salah satu metode untuk mencari respon permukaan. Estimasi awal dari kondisi operasi optimal untuk sistem akan jauh dari operasi optimal yang nyata. Dalam situasi tersebut, tujuan peneliti adalah bergerak cepat ke posisi sekitar optimal. Kita ingin menggunakan prosedur eksperimen yang sederhana dan efisien secara ekonomi. Metode *steepset ascent* ialah sebuah prosedur untuk bergerak secara berurutan sepanjang jalur kenaikan/penurunan tercuram. Perancangan tabel proses dari metode *steepest ascent* dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini:

**Tabel 2. 1.** Tabel Perancangan Metode *Steepest Ascent*.

Run	Coded Variables		Response
	x1	x2	y
1	-1	-1	...
2	-1	1	...
3	1	-1	...
4	1	1	...
5	0	0	...
6	0	0	...
7	0	0	...
8	0	0	...
9	0	0	...

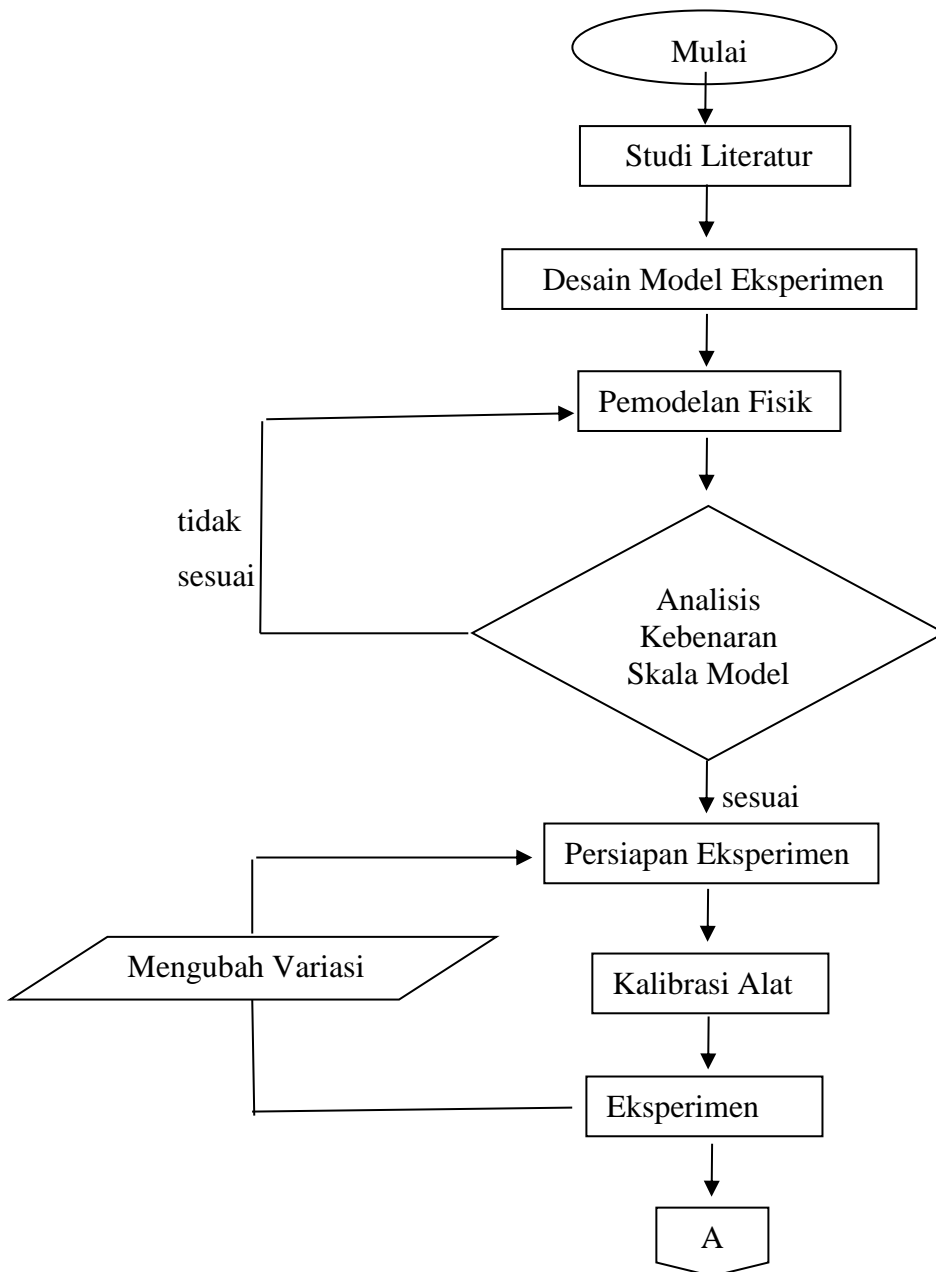
Tabel 2.1 merupakan tabel perancangan metode *steepest ascent* dengan respon y yang dipengaruhi oleh 2 variabel (x1 dan x2). Untuk 2 variabel, dibutuhkan proses 9 kali ujicoba (*running*) untuk mendapatkan respon permukaan. *Coded variables* mempunyai angka -1, 0, dan 1 yang mewakili definisi dari angka variabel minimum, variabel rata – rata, dan variabel maksimum secara berturut – turut. Dari ujicoba/*running*, akan didapatkan 9 angka respon y dari total 9 kali percobaan. Hasil dari ujicoba tersebut akan dapat digambarkan menggunakan grafik 3 dimensi seperti pada Gambar 2.16 di atas.

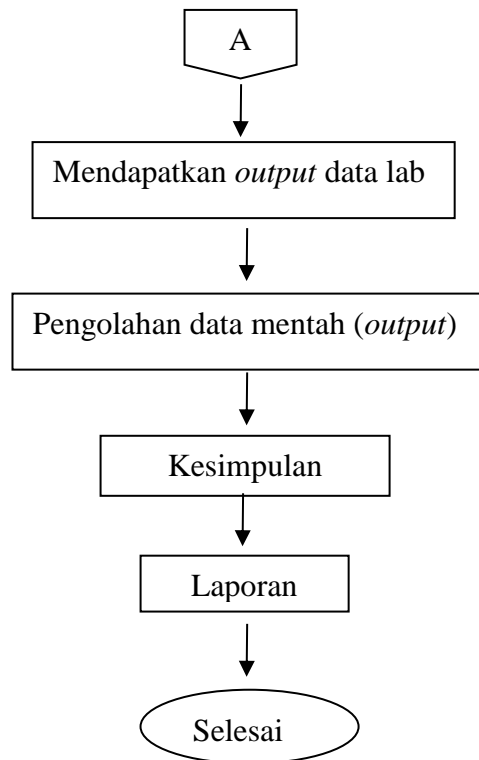
(halaman ini sengaja dikosongkan)

### BAB 3

#### Metodologi Penelitian

##### 3.1. Diagram Alir Penelitian





**Gambar 3. 1.** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.

### 3.2. Penjelasan Diagram Alir

Berdasarkan Gambar 3.1 diagram alir, dapat dijelaskan langkah – langkah dalam melakukan penelitian tugas akhir sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Langkah awal dalam melakukan penelitian ini adalah studi literatur. Data dan penelitian – penelitian sebelumnya tentang *OVS* atau *wave converter* lainnya akan dipelajari dan dikaji untuk dijadikan referensi dalam penelitian ini. Selain itu, informasi tentang teori gelombang juga akan dikumpulkan berdasarkan jurnal dan referensi – referensi yang terkait.

#### 2. Desain Model Eksperimen dan Pemodelan Fisik

Dalam penelitian ini menggunakan jenis pemodelan fisik yang dibuat dari bahan dasar triplek dengan skala yang sesuai. Pemodelan fisik akan merujuk pada referensi yang terkait. Selain itu, model lingkungan akan disesuaikan dengan kondisi lingkungan sebenarnya yaitu di Perairan Sumba. Dalam



desain model eksperimen harus semaksimal mungkin agar dapat mewakili karakteristik dari prototipe sebenarnya.

a. Kesebangunan Geometrik

Kesebangunan geometrik dianalogikan dalam pembuatan skala pada semua yang berdimensi linear. Dimensi linear yang akan diskala meliputi panjang, lebar, tinggi, dan kedalaman. Maka rasio yang mewakili dimesi tersebut ialah

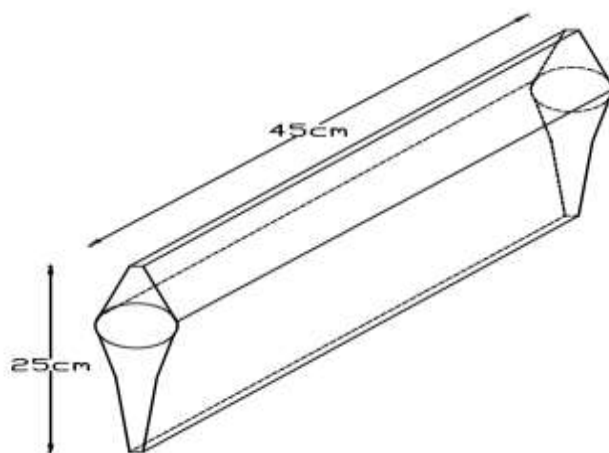
$$\frac{n_m}{n_p} = \frac{25}{1000} = \frac{45}{1800} = \frac{1}{40}$$

Maka skala model untuk OWS ialah 1 : 40

**Tabel 3. 1.** Skala Model Eksperimen Berdasarkan Prototipe (*Flap*).

Dimensi	Prototipe (cm)	Skala	Model (cm)
Tinggi	1000	1 : 40	25
Lebar	1800	1 : 40	45
Tinggi Gelombang	200	1 : 40	5

Didapatkan sketsa model fisik eksperimen dengan skala 1 : 40 seperti pada gambar di bawah ini :



**Gambar 3. 2.** Desain Model Fisik OWS.



**Gambar 3. 3.** Model Fisik *OWS* (dokumentasi pribadi).

b. Kesebangunan Kinematik

Kesebangunan kinematik untuk persamaan *Froude* adalah  $n_v = \sqrt{n_g n_L}$ .

Kecepatan merupakan hasil perbandingan antara panjang dengan waktu, maka skala kecepatan ekuivalen dengan  $\frac{n_L}{n_T}$ . Dengan mensubstitusikan

perbandingan tersebut ke persamaan  $n_v = \sqrt{n_g n_L}$ , maka didapat :

$$n_T = \sqrt{\frac{n_L}{n_g}}; \text{ dengan } n_g = 1, \text{ sehingga}$$

$$n_T = \sqrt{n_L}$$

$$n_T = \sqrt{40} = 6.3245$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m}$$

$$6.3245 = \frac{6.9 \text{ detik}}{T_m}$$

$$T_m = 1.1 \text{ detik}$$

c. Kesebangunan Dinamik

Kesebangunan dinamik dinyatakan dalam *Froude Number* yang mewakili nilai dari gaya inersia dengan gaya gravitasi seperti berikut:

$$\sqrt{\frac{\text{gaya inersia}}{\text{gaya gravitasi}}} = \sqrt{\frac{\rho L^2 V^2}{\rho L^3 g}} = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

*Froude Number* model harus sama dengan *prototype*, dapat dinyatakan

$$\text{dalam } \left(\frac{V}{\sqrt{gL}}\right)_p = \left(\frac{V}{\sqrt{gL}}\right)_m \text{ menjadi } \frac{V_p}{V_m} = \sqrt{\left(\frac{g_p}{g_m}\right) \left(\frac{L_p}{L_m}\right)}$$

Jika dalam bentuk skala akan menjadi

$$\frac{n_v}{\sqrt{n_g n_L}} = 1 \text{ atau } n_{Fr} = 1$$

Menurut Hughes (1985), kesebangunan model dapat dicapai menggunakan beberapa metode, salah satunya ialah dengan cara menyamakan parameter tak berdimensi berdasarkan variabelnya.

Kesebangunan model dengan parameter tak berdimensi harus sebanding dengan parameter tak berdimensi *prototype*-nya. Dalam eksperimen kali ini, parameter tak berdimensi yang dimodelkan ialah kecuraman gelombang  $\frac{H}{gT^2}$ . Berdasarkan penjabaran sebelumnya, perbandingan kecuraman gelombang model dengan *prototype* ialah sebagai berikut :

$$\frac{H/gT_p^2}{H/gT_m^2} = 1$$

$$\frac{2 \text{ m} / \frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2} \times 6.9^2_p}{0.05 \text{ m} / \frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2} \times 1.1^2_m} = \frac{4.2 \times 10^{-3}}{4.2 \times 10^{-3}} = 1$$

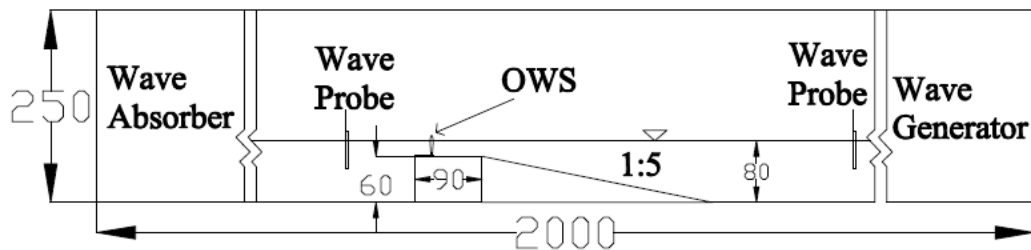
Jadi, tinggi dan periode gelombang yang digunakan pada Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut adalah 5 cm dan 1,1 detik.

**Tabel 3. 2.** Perbandingan Data Lingkungan Model dengan Prototipe.

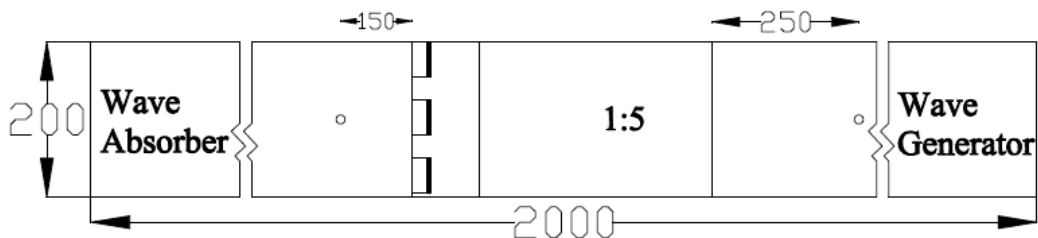
Parameter	Laboratorium	Lingkungan Sebenarnya
Tinggi Gelombang Signifikan ( $H_s$ )	5 cm	2 m
Periode Gelombang ( $T$ )	1,1 s	6,9 s

### 3. Persiapan Eksperimen

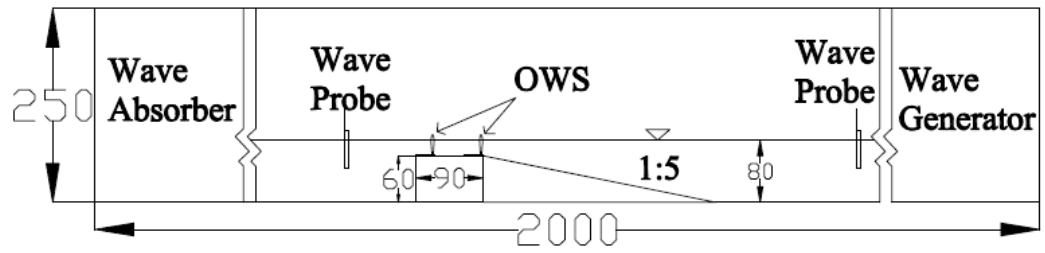
Diketahui bahwa jenis penelitian yang dilakukan adalah berupa eksperimen. Persiapan eksperimen yang perlu dilakukan pada tahap ini adalah pengecekan alat laboratorium. Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS. Sebelum dimulainya penelitian perlu diperhatikan dan diketahui fasilitas laboratorium yang akan digunakan seperti *flume tank*, komputer, *wave probe*, *wave generator*.



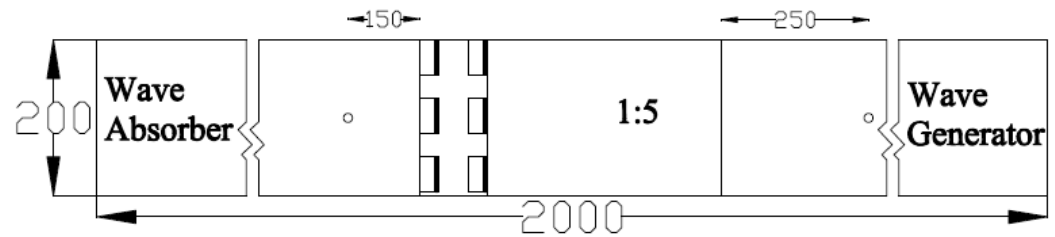
**Gambar 3. 4.** Peletakkan Model OWS di Kolam Gelombang Jarak Transversal Tampak Samping (cm).



**Gambar 3. 5.** Peletakkan Model OWS di Kolam Gelombang Jarak Transversal Tampak Atas (cm).



**Gambar 3. 6.** Peletakkan Model *OWS* di Kolam Gelombang Jarak Longitudinal Tampak Samping (cm).



**Gambar 3. 7.** Peletakkan Model *OWS* di Kolam Gelombang Jarak Longitudinal Tampak Atas (cm).

#### a. Kolam Gelombang

Berikut ini disajikan data detail dari Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut mengenai kolam gelombang (*flume tank*):

Dimensi : 20 m x 2 m x 2,5 m

Pembangkit :

- Sistem pembangkit : Jenis Plunyer
- Keluaran gelombang : Regular/Irregular
- Periode gelombang : 1 – 1,6 detik
- Tinggi gelombang : 0,3 m (maksimum)
- Kedalaman : 80 cm



**Gambar 3. 8.** Kolam Gelombang (dokumentasi pribadi).



**Gambar 3. 9.** *Control Panel Wave Generator* (dokumentasi pribadi).

**b. *Interface ADC***

*Interface ADC (analog digital converter)* merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah data analog yang berasal dari *wave probe* menjadi data digital yang akan menjadi output dari pengujian model di kolam gelombang. Alat ini akan mengeluarkan hasil pengujian dalam bentuk digital atau pun grafik sehingga mempermudah proses analisis data untuk mengetahui redaman gelombang yang terjadi. *Interface ADC* dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



**Gambar 3. 10.** *Interface ADC* (dokumentasi pribadi).

**c. *Wave Probe***

*Wave probe* merupakan alat pengukur tinggi gelombang yang tercelup ke dalam air di dalam kolam gelombang. Saat dalam keadaan tercelup, elektroda dari *wave probe* akan mengukur konduktivitas volume air. Konduktivitas volume air akan berubah seiring dengan perubahan elevasi muka air di dalam kolam gelombang, sehingga dapat memberikan informasi atas perubahan redaman gelombang dari pengujian model *OWS* di kolam gelombang. *Wave probe* yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 2 buah seperti pada gambar berikut :



**Gambar 3. 11.** *Wave Probe* (dokumentasi pribadi).



**Gambar 3. 12.** *Wave Probe* (dokumentasi pribadi).

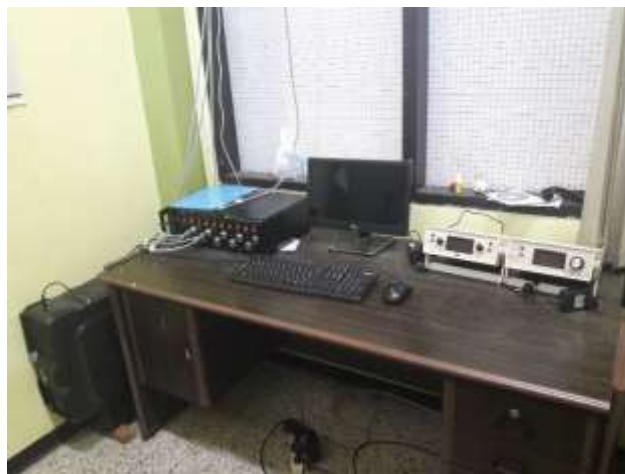


#### d. Komputer *Input & Output Data*

Dalam menjalankan proses *running*, diperlukan 2 komputer untuk meng-*input* data dan menampilkan *output* data yang telah direkam oleh *wave probe*.



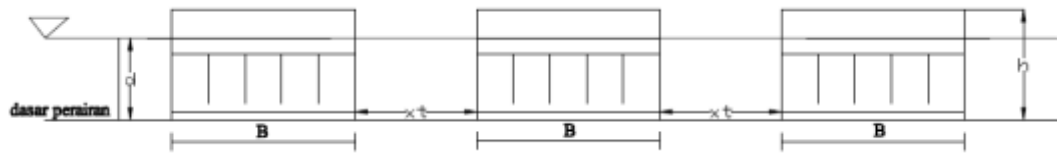
**Gambar 3. 13.** Komputer *input* data.



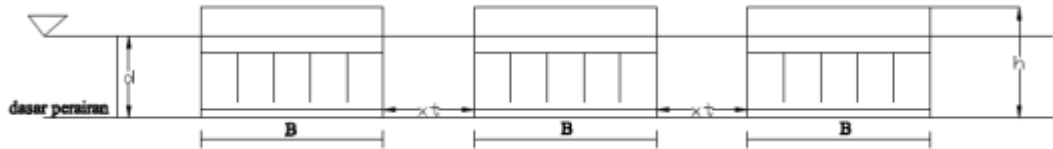
**Gambar 3. 14.** Komputer *output* data.

#### 4. Pelaksanaan Eksperimen

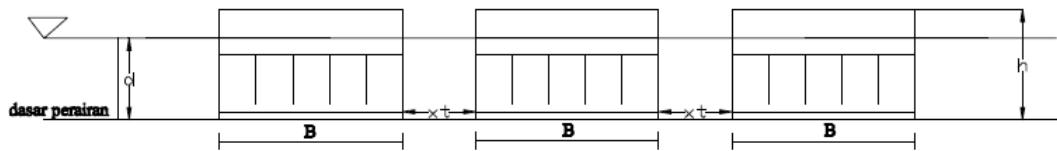
Pada tahap ini akan dilaksanakan eksperimen sesuai dengan desain eksperimen model yang telah dibuat. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui redaman gelombang dari variasi jarak antar model susunan, variasi sudut *flap*, dan variasi kecuraman gelombang pada kondisi gelombang regular maupun irregular.



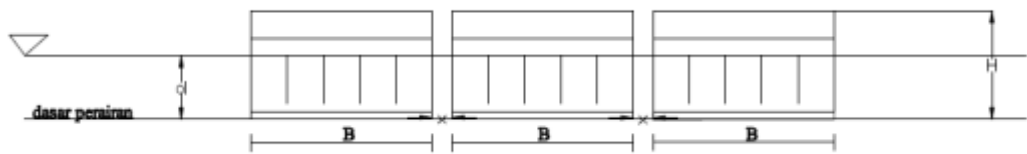
**Gambar 3. 15.** Jarak Transversal pada Kondisi  $x_t = 2/3 B$ .



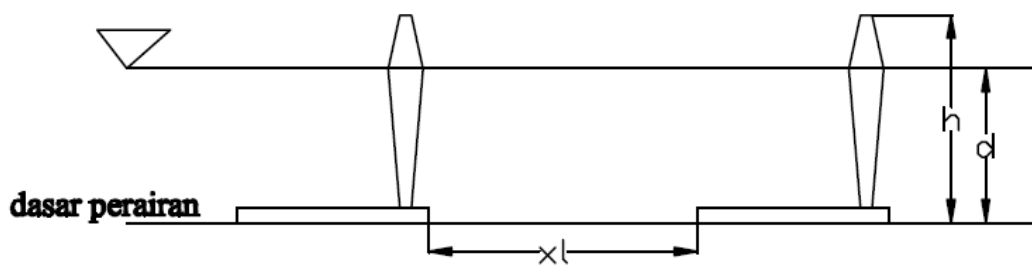
**Gambar 3. 16.** Jarak Transversal pada Kondisi  $x_t = 1/2 B$ .



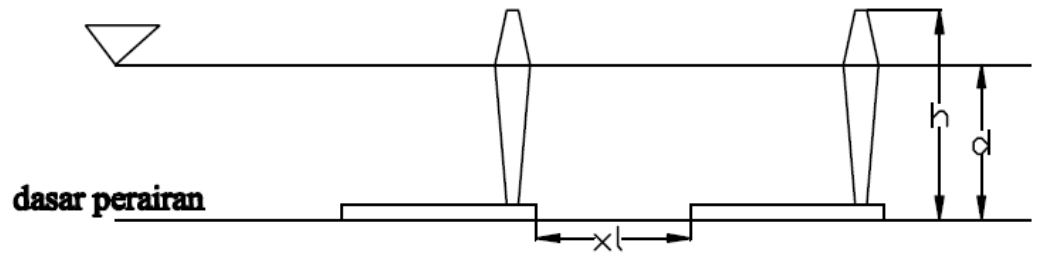
**Gambar 3. 17.** Jarak Transversal pada Kondisi  $x_t = 2/5 B$ .



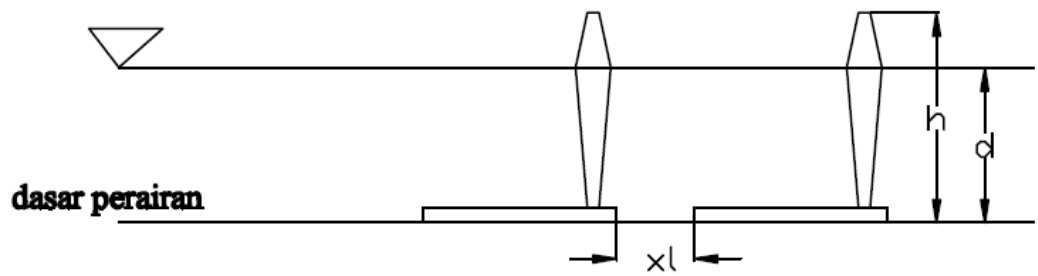
**Gambar 3. 18.** Jarak Transversal pada Kondisi  $x_t = 1/9 B$ .



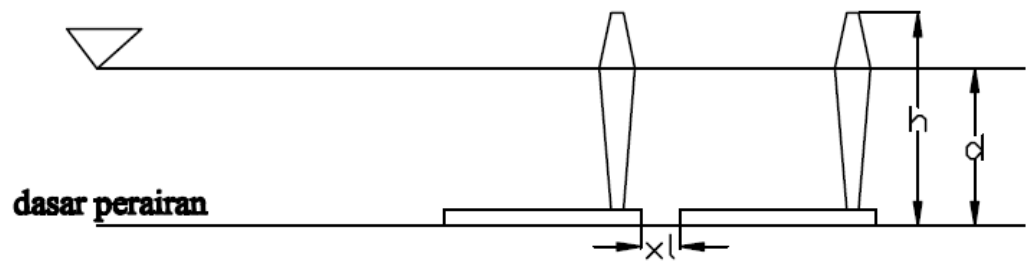
**Gambar 3. 19.** Jarak Longitudinal pada Kondisi  $x_l = 7/9 B$ .



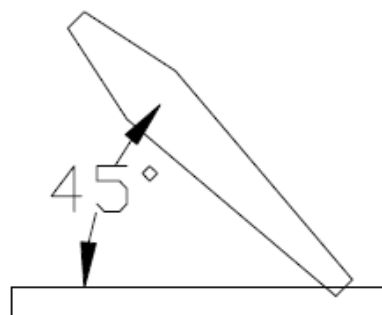
**Gambar 3. 20.** Jarak Longitudinal pada Kondisi  $x_l = 1/2 B$ .



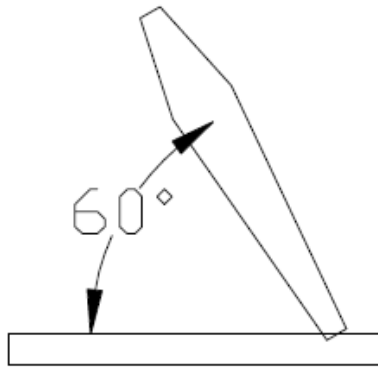
**Gambar 3. 21.** Jarak Longitudinal pada Kondisi  $x_l = 2/9 B$ .



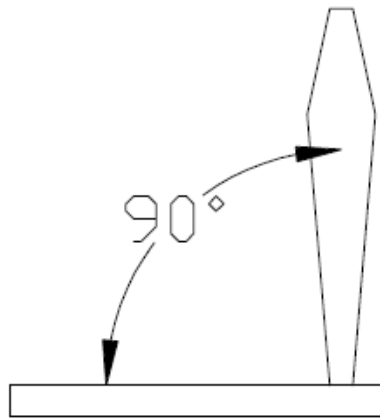
**Gambar 3. 22.** Jarak Longitudinal pada Kondisi  $x_l = 1/9 B$ .



**Gambar 3. 23.** OWS Sudut *Flap*  $45^0$ .



**Gambar 3. 24.** *OWS Sudut Flap 60<sup>0</sup>.*



**Gambar 3. 25.** *OWS Sudut Flap 90<sup>0</sup>.*

**Tabel 3. 3.** Eksperimen Model *OWS* Jarak Transversal ( $B = 45$  cm).

No	Parameter Jarak	Jarak (cm)	Sudut Flap	Jenis Gelombang
1	$xt = 1/9 B$	5	45	Regular H=5cm; T=1.2 s
2	$xt = 1/3 B$	15		
3	$xt = 1/2 B$	22.5		
4	$xt = 4/5 B$	36		
5	$xt = 1/9 B$	5	60	
6	$xt = 1/3 B$	15		
7	$xt = 1/2 B$	22.5		
8	$xt = 4/5 B$	36		
9	$xt = 1/9 B$	5	90	
10	$xt = 1/3 B$	15		
11	$xt = 1/2 B$	22.5		
12	$xt = 4/5 B$	36		
13	$xt = 1/9 B$	5	45	Irregular H=2 cm; T=1.3 s H=2 cm; T=1.5 s H=3 cm; T=1.1 s H=3 cm; T=1.3 s H=3cm; T=1.5 s H=4 cm; T=1.1 s H=4 cm; T=1.3 s
14	$xt = 1/3 B$	15		
15	$xt = 1/2 B$	22.5		
16	$xt = 4/5 B$	36		
17	$xt = 1/9 B$	5	60	
18	$xt = 1/3 B$	15		
19	$xt = 1/2 B$	22.5		
20	$xt = 4/5 B$	36		
21	$xt = 1/9 B$	5	90	
22	$xt = 1/3 B$	15		
23	$xt = 1/2 B$	22.5		
24	$x t= 4/5 B$	36		

**Tabel 3. 4.** Eksperimen Model *OWS* Jarak Longitudinal ( $B = 45\text{cm}$ ).

No	Parameter Jarak	Jarak (cm)	Sudut Flap	Jenis Gelombang
1	$x_l = 1/9 B$	5	45	Regular H=5 cm; T=1.2 s
2	$x_l = 2/9 B$	10		
3	$x_l = 1/2 B$	22.5		
4	$x_l = 7/9 B$	35		
5	$x_l = 1/9 B$	5	60	
6	$x_l = 2/9 B$	10		
7	$x_l = 1/2 B$	22.5		
8	$x_l = 7/9 B$	35		
9	$x_l = 1/9 B$	5	90	
10	$x_l = 2/9 B$	10		
11	$x_l = 1/2 B$	22.5		
12	$x_l = 7/9 B$	35		
13	$x_l = 1/9 B$	5	45	Irregular H=2 cm; T=1.3 s H=2 cm; T=1.5 s H=3 cm; T=1.1 s H=3 cm; T=1.3 s H=3cm; T=1.5 s H=4 cm; T=1.1 s H=4 cm; T=1.3 s
14	$x_l = 2/9 B$	10		
15	$x_l = 1/2 B$	22.5		
16	$x_l = 7/9 B$	35		
17	$x_l = 1/9 B$	5	60	
18	$x_l = 2/9 B$	10		
19	$x_l = 1/2 B$	22.5		
20	$x_l = 7/9 B$	35		
21	$x_l = 1/9 B$	5	90	
22	$x_l = 2/9 B$	10		
23	$x_l = 1/2 B$	22.5		
24	$x_l = 7/9 B$	35		

## 5. Mendapat Hasil Output Eksperimen dan Analisis Data Hasil Output

Setelah dilakukan eksperimen terhadap model dengan berbagai variasi jarak antar model susunan, akan diperoleh *output* data mentah yang akan ditampilkan di layar komputer lab. Oleh karena data yang didapat masih berupa data mentah, akan dilakukan analisis data lebih lanjut untuk mengetahui redaman gelombang berupa koefisien transmisi.

## 6. Kesimpulan

Dari hasil analisis data yang telah dilakukan akan diperoleh perilaku *OWS* dalam meredam gelombang.

## 7. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan dilakukan dari awal penelitian hingga hasil akhir penelitian, sehingga hasil yang diperoleh dari eksperimen model *OWS* dapat dijelaskan secara rinci sesuai dengan hasil yang telah didapatkan dalam pengujian laboratorium.

### 3.3. Jadwal Pengerjaan TA

Berikut ini adalah jadwal pengerjaan penelitian eksperimen model *OWS* untuk Tugas Akhir :

**Tabel 3. 5.** Jadwal Pengerjaan TA.

No	Kegiatan	Bulan																			
		Februari				Maret				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pengkajian Masalah																				
2.	Desain Model Eksperimen																				
3.	Pembuatan model fisik																				
4.	Persiapan Percobaan																				
5.	Proses Pengujian di <i>Flume Tank</i>																				
6.	Pencatatan dan Pengukuran																				
7.	Analisa Hasil dan Kesimpulan																				
8.	Penyusunan Laporan																				

(halaman ini sengaja dikosongkan)

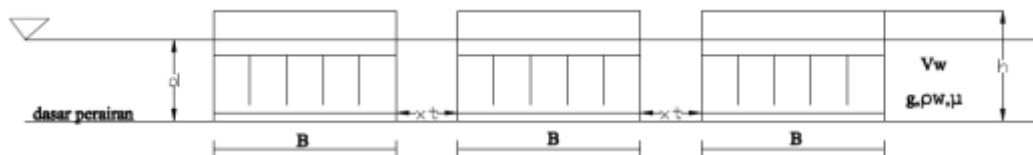


## BAB 4

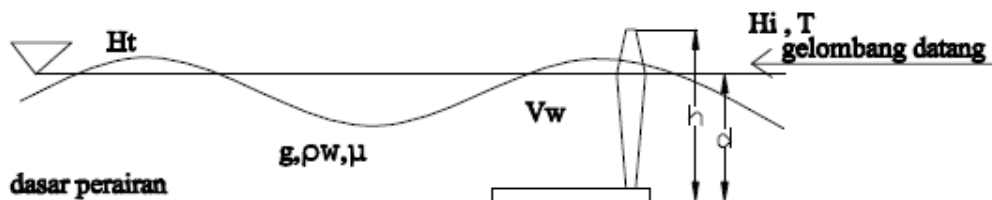
### Analisis Data dan Pembahasan

#### 4.1. Analisis Dimensi

Analisis dimensi dilakukan untuk melihat pengaruh bilangan tak berdimensi terhadap koefisien transmisi guna menyederhanakan proses eksperimen. Pada studi eksperimen ini, analisis dimensi dilakukan dengan metode matriks. Secara umum koefisien transmisi dalam penelitian ini bergantung pada parameter berikut ini :



**Gambar 4. 1.** Analisis Dimensi OWS Tampak Depan (Jarak Transversal).



**Gambar 4. 2.** Analisis Dimensi OWS Tampak Samping (Jarak Transversal).

$$Kt = f[xt; B; h; Hi; Ht; T; d; g, \rho_w, V_w, \mu]$$

di mana :

$Kt$  = koefisien transmisi

$xt$  = jarak transversal antar model struktur (m)

$B$  = lebar model struktur (m)

$h$  = tinggi model struktur (m)

$Hi$  = tinggi gelombang datang (m)

$Ht$  = tinggi gelombang tereduksi (m)

$T$  = periode gelombang (s)

$d$  = kedalaman air (m)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\rho_w$  = massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )

$V_w$  = cepat rambat fluida (m/s)

$\mu$  = viskositas dinamis (kg/ms)

Analisis dimensi dilakukan menggunakan metode Basic Echelon Matriks sehingga menghasilkan bilangan tak berdimensi  $\pi$  sebagai berikut:

$$\frac{h}{xt}, \frac{Hi}{xt}, \frac{Ht}{xt}, \frac{B}{xt}, \frac{d}{xt}, \frac{gT^2}{xt}, \frac{V_w T}{xt}, \frac{\mu T}{xt^2 \rho_w} = \pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6, \pi_7, \pi_8$$

dengan melakukan *compounding*  $\pi$  maka didapat :

$$\frac{h}{B}, \frac{Hi}{gT^2}, \frac{Ht}{Hi}, \frac{xt}{B}, \frac{d}{h}, \frac{V_w^2}{gh}, \frac{V_w T}{h}, \frac{V_w h}{\mu/\rho_w} = \frac{\pi_1}{\pi_4}, \frac{\pi_2}{\pi_6}, \frac{\pi_3}{\pi_2}, \pi_4^{-1}, \frac{\pi_5}{\pi_1}, \frac{\pi_7}{\pi_6}, \frac{\pi_7}{\pi_1}, \frac{\pi_7}{\pi_8} \pi_1$$

Keterangan :

$$\frac{h}{B} = \text{proporsi model}$$

$$\frac{Hi}{gT^2} = \text{kecuraman gelombang}$$

$$\frac{Ht}{Hi} = \text{koefisien transmisi gelombang}$$

$$\frac{xt}{B} = \text{jarak transversal relatif antar model}$$

$$\frac{d}{h} = \text{kedalaman relatif}$$

$$\frac{V_w^2}{gh} = \text{froude number}$$

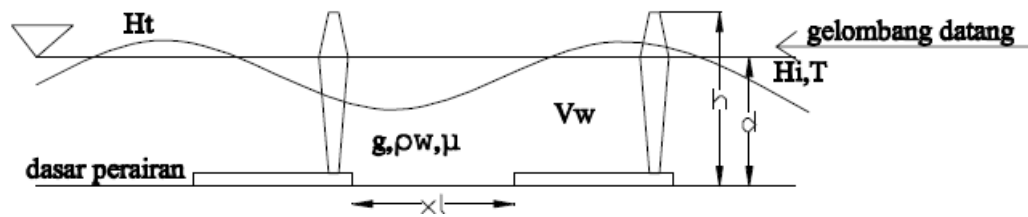
$$\frac{V_w T}{h} = \text{Kc number}$$

$$\frac{V_w h}{\mu / \rho_w} = \text{Reynolds number}$$

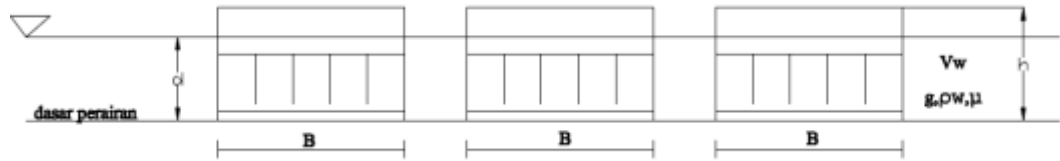
Karena bilangan proporsi model, kedalaman relatif, *Froude number*, *Kc number*, dan *Reynolds number* adalah konstan, maka diperoleh :

$$Kt = \frac{Ht}{Hi} = f \left[ \frac{Hi}{gT^2}; \frac{xt}{B} \right]$$

Sedangkan analisis dimensi untuk jarak longitudinal ialah sebagai berikut :



**Gambar 4. 3.** Analisis Dimensi OWS Tampak Samping (Jarak Longitudinal).



**Gambar 4. 4.** Analisis Dimensi OWS Tampak Depan (Jarak Longitudinal).

$$Kt = f[xl ; B ; h ; Hi ; Ht ; T ; d ; g, \rho_w, V_w, \mu]$$

Keterangan :

$xl$  = jarak longitudinal antar model struktur (m)

Analisis dimensi dilakukan menggunakan metode Basic Echelon Matriks sehingga menghasilkan bilangan tak berdimensi  $\pi$  sebagai berikut:

$$\frac{h}{xl} ; \frac{Hi}{xl} ; \frac{Ht}{xl} ; \frac{B}{xl} ; \frac{d}{xl} ; \frac{gT^2}{xl} ; \frac{V_w T}{xl} ; \frac{\mu T}{xl^2 \rho_w} = \pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6, \pi_7, \pi_8$$

dengan melakukan *compounding*  $\pi$  maka didapat :

$$\frac{h}{B}, \frac{Hi}{gT^2}, \frac{Ht}{Hi}, \frac{xl}{B}, \frac{d}{h}, \frac{Vw^2}{gh}, \frac{VwT}{h}, \frac{Vwh}{\mu/\rho_w} = \frac{\pi_1}{\pi_4}, \frac{\pi_2}{\pi_6}, \frac{\pi_3}{\pi_2}, \pi_4^{-1}, \frac{\pi_5}{\pi_1}, \frac{\pi_7}{\pi_6}, \frac{\pi_7}{\pi_1}, \frac{\pi_7}{\pi_8} \pi_1$$

Keterangan :

$$\frac{xl}{B} = \text{jarak longitudinal relatif antar model}$$

Karena bilangan proporsi model, kedalaman relatif, *Froude number*, *Kc number*, dan *Reynolds number* adalah konstan, maka diperoleh

$$Kt = \frac{Ht}{Hi} = f \left[ \frac{Hi}{gT^2}, \frac{xl}{B} \right]$$

## 4.2. Kalibrasi Alat

Sebelum memulai percobaan eksperimen, kalibrasi alat diperlukan untuk memastikan bahwa alat yang akan digunakan masih berfungsi dengan baik. Alat – alat yang digunakan ialah *wave probe*, *wave generator*, dan komputer untuk *input* dan *output* data.

### 4.2.1. Kalibrasi wave generator

*Wave generator* berfungsi untuk membangkitkan gelombang. Untuk mengaktifkan gelombang dari *wave generator*, diperlukan input data H dan T pada komputer di *control room*. Kalibrasi *wave generator* bertujuan untuk mengetahui bahwa nilai data gelombang yang di-*input* di komputer sesuai dengan data gelombang yang dibangkitkan di kolam *flume*. Berikut adalah gambar hasil pengamatan tinggi gelombang yang dibangkitkan dengan *input* H = 5 cm kondisi gelombang regular.



**Gambar 4. 5.** Kondisi air tenang (sumber: dokumentasi pribadi)



**Gambar 4. 6.** Kondisi lembah gelombang (dokumentasi pribadi).



**Gambar 4. 7.** Kondisi Puncak Gelombang (dokumentasi pribadi).

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa saat kondisi tenang air memiliki ketinggian 80 cm. Ketika gelombang dibangkitkan, air mencapai ketinggian

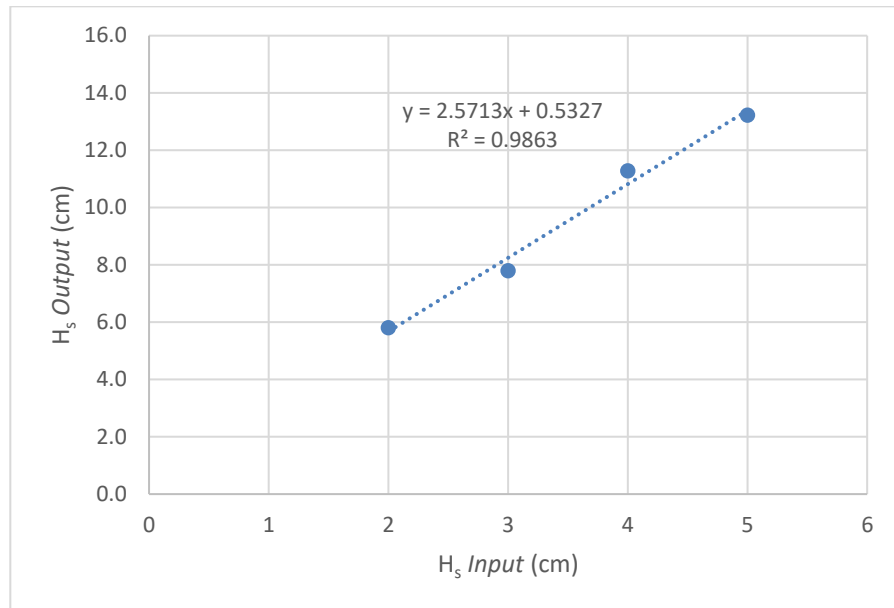
82 cm (puncak gelombang) dan 77 cm (lembah gelombang). Berikut adalah tabel uraian hasil pengamatan.

**Tabel 4. 1.** Hasil Pengamatan Tinggi Gelombang.

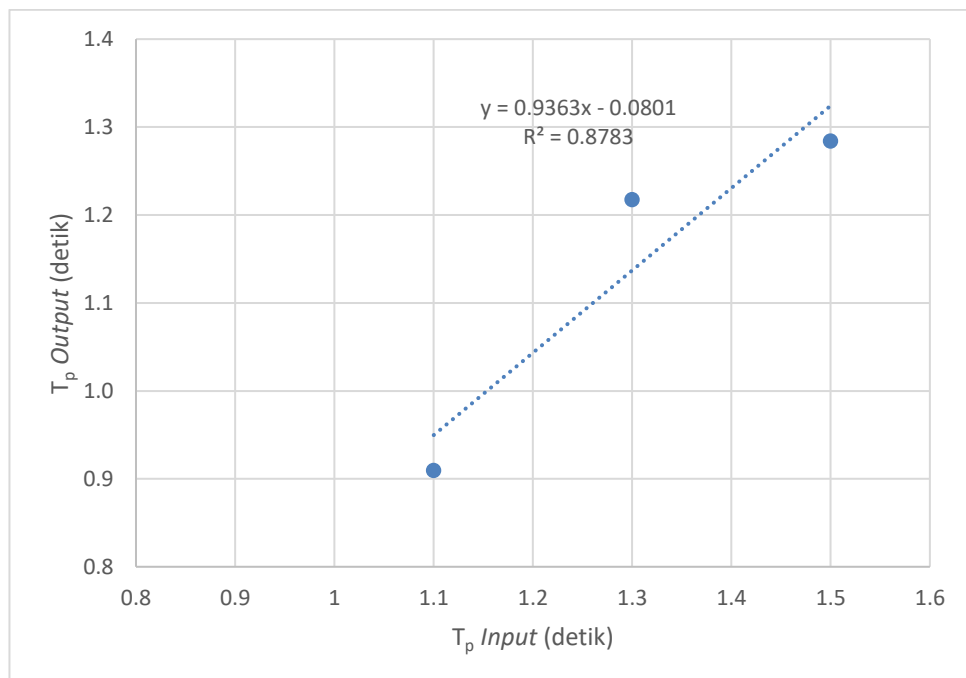
Kondisi Permukaan Air	Ketinggian air (cm)
Kondisi air tenang	80
Puncak gelombang	82
Lembah gelombang	77

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa tinggi gelombang yang dibangkitkan ialah 5 cm, yaitu selisih antara puncak gelombang dengan lembah gelombang. Maka, hasil *input* gelombang di komputer sesuai dengan *output* gelombang yang dibangkitkan di kolam *flume*.

Sedangkan untuk kondisi gelombang *irregular* dilakukan kalibrasi untuk mengetahui kecocokan antara *input* data dengan *output* data berupa Hs dan T. Setelah dilakukan pengecekan ternyata terdapat perbedaan hasil antara *input* data dengan *output* data. Berikut ini adalah hubungan antara *input* data melalui komputer dan dibangkitkan dengan *wave generator* dengan *output* data Hs dan T yang dibaca oleh *wave probe*.



**Gambar 4. 8.** Hubungan  $H$  input dengan  $H$  output.



**Gambar 4. 9.** Hubungan  $T$  input dengan  $T$  output.

#### 4.2.2. Kalibrasi wave probe

*Wave probe* berfungsi untuk membaca tinggi gelombang yang telah dibangkitkan oleh *wave generator*. Kalibrasi *wave probe* dilakukan dengan cara mencatat posisi *zero point* (bagian ujung bawah) dari *wave probe* dan dicelupkan dengan interval 10 cm hingga mencapai kedalaman kolam gelombang maksimum yaitu 80 cm. Hasil kalibrasi *wave probe* sebelum dilakukan eksperimen ditunjukkan pada tabel berikut ini :

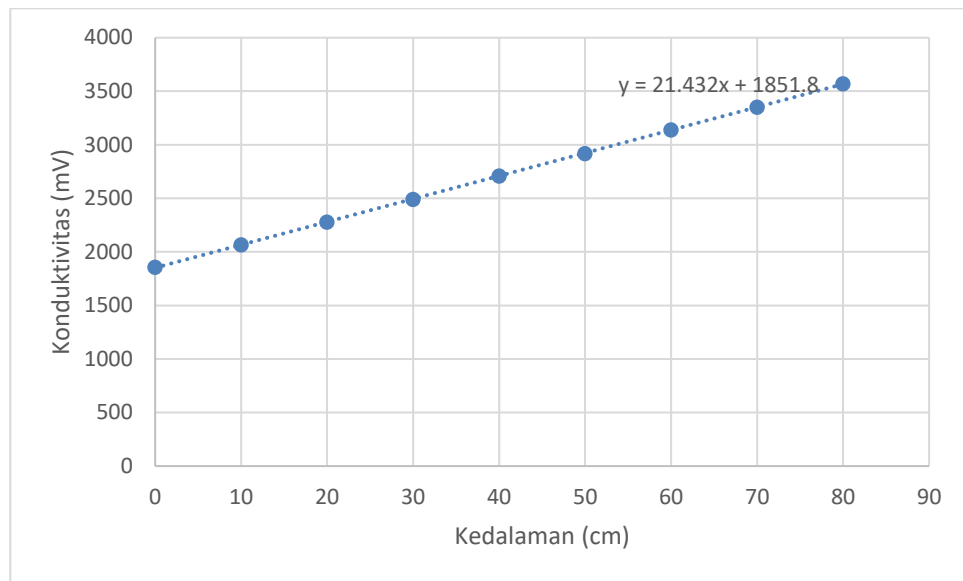
**Tabel 4. 2.** Konduktivitas *Wave Probe* pada *Software Water Tide Meter*

<i>Wave Probe</i>	Konduktivitas (mV) saat kedalaman minimum (0 cm)	Konduktivitas (mV) saat kedalaman max (80 cm)
Channel 1	1857	3569
Channel 3	1866	3578

**Tabel 4. 3.** Pengaruh Perubahan *Zero Point* terhadap Konduktivitas *Wave Probe* 1 (sebelum eksperimen).

Channel 1	
Kedalaman (cm)	Konduktivitas (mV)
0	1857
10	2066
20	2279
30	2490
40	2709
50	2920
60	3139
70	3353
80	3569

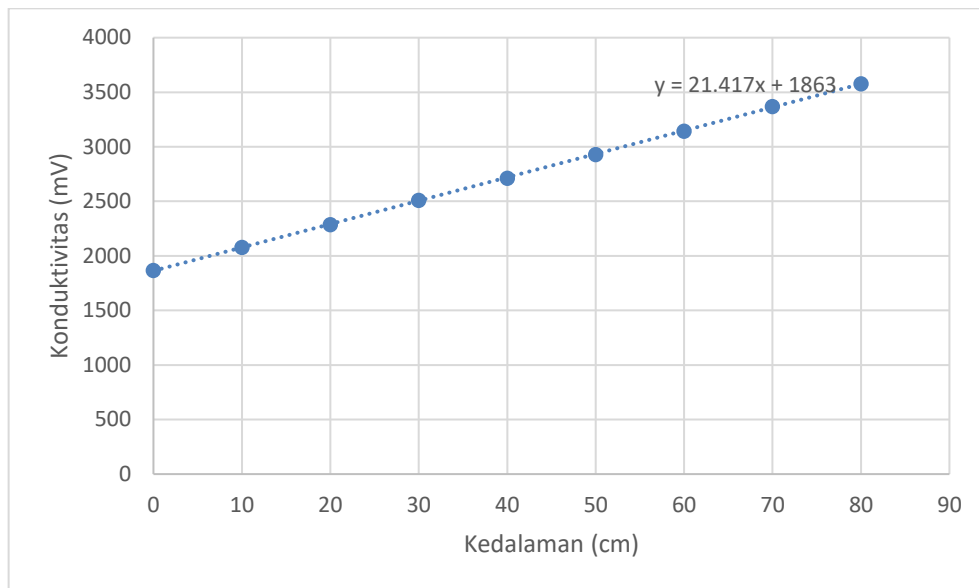




**Gambar 4. 10.** Pengaruh Perubahan *Zero Point* terhadap Konduktivitas *Wave Probe 1* (sebelum eksperimen).

**Tabel 4. 4.** Pengaruh Perubahan *Zero Point* terhadap Konduktivitas *Wave Probe 2* (sebelum eksperimen).

Channel 3	
Kedalaman (cm)	Konduktivitas (mV)
0	1866
10	2080
20	2288
30	2510
40	2711
50	2930
60	3144
70	3370
80	3578



**Gambar 4. 11.** Pengaruh Perubahan *Zero Point* terhadap Konduktivitas *Wave Probe* 2 (sebelum eksperimen).

Dari kedua grafik di atas dapat dilihat perubahan konduktivitas berdasarkan perubahan kedalaman. Parameter untuk mengetahui apakah *wave probe* masih berfungsi dengan baik atau tidak berdasarkan grafik ialah dengan melihat kelinieran garis. Jika *wave probe* masih berfungsi dengan baik maka garis grafik yang dihasilkan harus linear karena perubahan kedalaman yang ditinjau adalah konstan (10 cm).

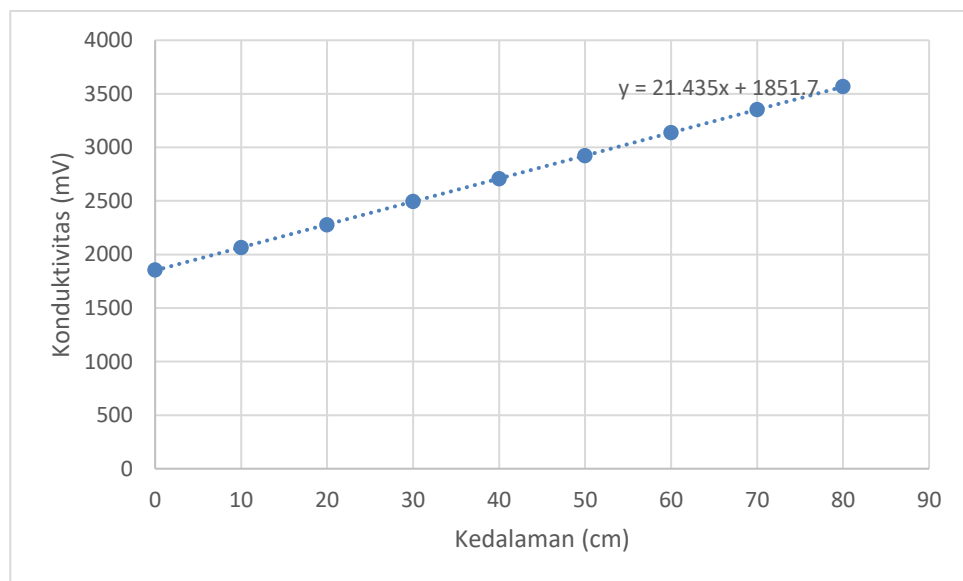
Setelah melakukan eksperimen, kalibrasi *wave probe* dilakukan kembali untuk memastikan bahwa selama eksperimen *wave probe* dapat mencatat pengukuran dengan benar. Hasil kalibrasi *wave probe* setelah dilakukan eksperimen ditunjukkan pada tabel berikut ini :

**Tabel 4. 5.** Konduktivitas *Wave Probe* (setelah eksperimen).

<i>Wave Probe</i>	Konduktivitas (mV) saat kedalaman minimum (0 cm)	Konduktivitas (mV) saat kedalaman max (80 cm)
Channel 1	1855	3567
Channel 3	1869	3574

**Tabel 4. 6.** Pengaruh Perubahan *Zero Point* terhadap Konduktivitas *Wave Probe 1* (setelah eksperimen).

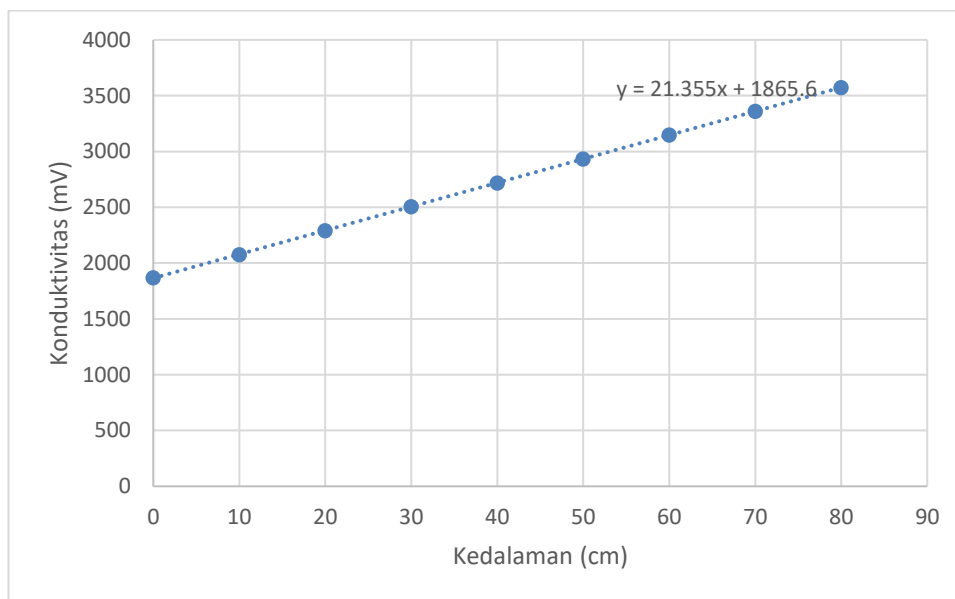
Channel 1	
Kedalaman	Konduktivitas (mV)
0	1855
10	2065
20	2278
30	2494
40	2709
50	2923
60	3138
70	3353
80	3567



**Gambar 4. 12.** Pengaruh Perubahan *Zero Point* terhadap Konduktivitas *Wave Probe 1* (setelah eksperimen).

**Tabel 4. 7.** Pengaruh Perubahan *Zero Point* terhadap Konduktivitas *Wave Probe 2* (setelah eksperimen).

Channel 3	
Kedalaman (cm)	Konduktivitas (mV)
0	1869
10	2077
20	2291
30	2506
40	2719
50	2933
60	3148
70	3361
80	3574



**Gambar 4. 13.** Pengaruh Perubahan *Zero Point* terhadap Konduktivitas *Wave Probe 2* (setelah eksperimen).

#### 4.3. Analisis Perhitungan Kt

Data yang direkam oleh *wave probe* berbentuk tabel seperti di bawah ini :

**Tabel 4. 8.** Hasil Perekaman Data *Wave Probe*.

Time (sec)	Ch 1 (mm)	Ch 2	Ch 3 (mm)
0	-17	N/A	2
0	-12	N/A	2
0	-10	N/A	0
0	-6	N/A	-2
0	-2	N/A	-2
0	2	N/A	-2
0	4	N/A	0
0	10	N/A	2
0	13	N/A	2
0	17	N/A	2
0	21	N/A	2
0	23	N/A	2
0	23	N/A	2
0	22	N/A	2
0	17	N/A	0
0	15	N/A	-1
0	14	N/A	-4
0	12	N/A	-6
0	11	N/A	-6
0	9	N/A	-7
0	8	N/A	-6
0	8	N/A	-4
0	4	N/A	2
0	5	N/A	2
1	1	N/A	2
1	2	N/A	2
1	-3	N/A	0
1	-5	N/A	-2
1	-10	N/A	-6
1	-13	N/A	-6
1	-18	N/A	-4
1	-20	N/A	-2
....	....	N/A	....
....	....	N/A	....
....	....	N/A	....
184	8	N/A	-2

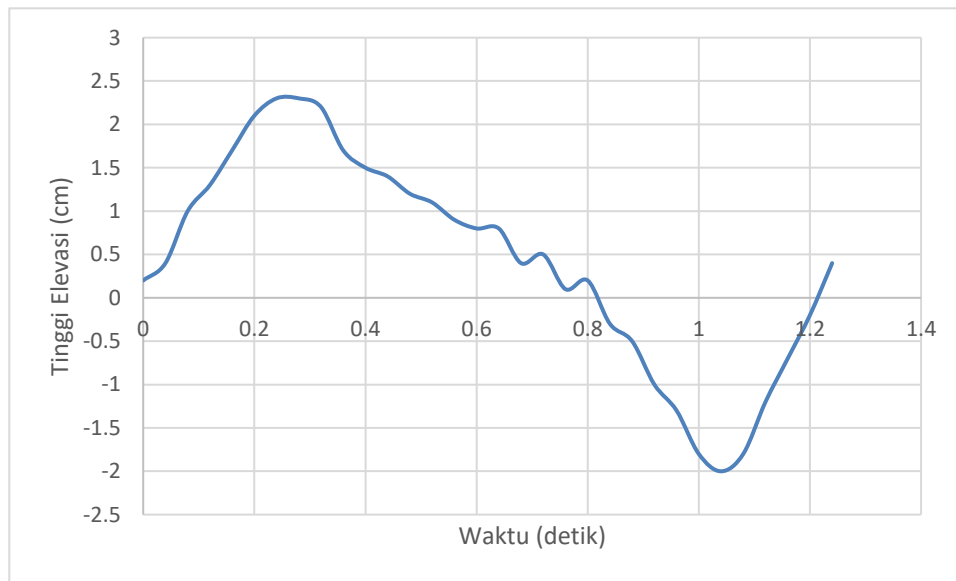
Ch 1 adalah *wave probe* gelombang datang dan ch 2 adalah *wave probe* gelombang transmisi. Data di atas merupakan elevasi muka air yang direkam dalam satuan mm. *Wave probe* menangkap data dengan frekuensi 25 data/detik, yang artinya dalam setiap 1 detik maka akan terdapat 25 elevasi muka air dengan jarak antar waktu 0.04 detik. Ujicoba dilakukan selama 3 menit dengan total data sekitar 4500 data. Dari elevasi yang terekam dapat diplot menjadi grafik gelombang sesuai data elevasi tersebut dan dapat diketahui pula periode gelombang yang terjadi. Sebagai contoh, berikut adalah tabel elevasi muka air yang telah direkam oleh *wave probe*.

**Tabel 4. 9.** Elevasi Muka Air.

Time (detik)	Elevasi (cm)
0	0.2
0.04	0.4
0.08	1
0.12	1.3
0.16	1.7
0.2	2.1
0.24	2.3
0.28	2.3
0.32	2.2
0.36	1.7
0.4	1.5
0.44	1.4
0.48	1.2
0.52	1.1
0.56	0.9
0.6	0.8
0.64	0.8
0.68	0.4
0.72	0.5
0.76	0.1
0.8	0.2
0.84	-0.3
0.88	-0.5
0.92	-1
0.96	-1.3
1	-1.8

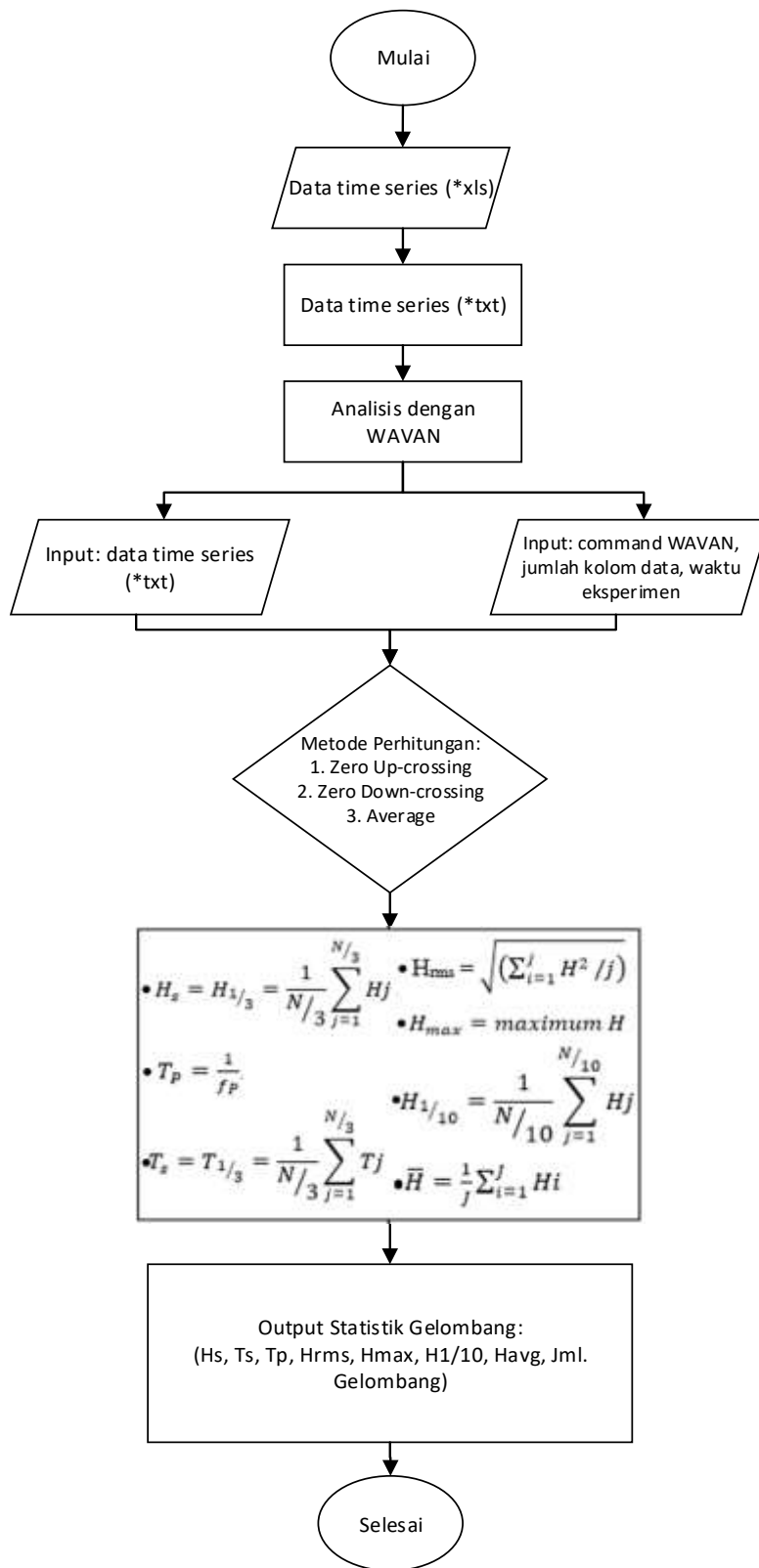
Time (detik)	Elevasi (cm)
1.04	-2
1.08	-1.8
1.12	-1.2
1.16	-0.7
1.2	-0.2
1.24	0.4

Jika diplot ke dalam bentuk grafik, maka akan menjadi seperti berikut ini :



**Gambar 4. 14.** Elevasi Muka Air.

Dari tabel dan grafik, dapat dilihat bahwa elevasi tertinggi ialah 2.3 cm dan elevasi terendah ialah -2 cm, sehingga dapat diperoleh tinggi gelombang yang terjadi  $2.3 \text{ cm} - (-2 \text{ cm})$  adalah 4.3 cm dan periode gelombang sebesar 1.2 detik. Seluruh data elevasi permukaan air selama 3 menit diolah dengan konsep seperti di atas menggunakan *software matlab*. Koefisien transmisi didapat dari tinggi gelombang transmisi (ch 3) dibagi dengan tinggi gelombang datang (ch 1), atau secara matematis ( $Kt = \frac{H_t}{H_i}$ ).



**Gambar 4. 15.** Proses Pengolahan Data pada *Matlab*.

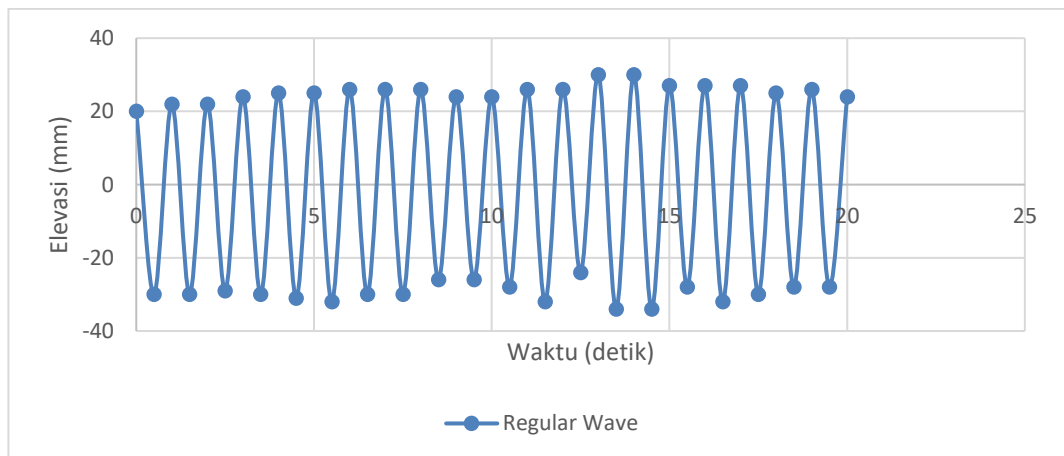


#### 4.4. Validasi Software Matlab

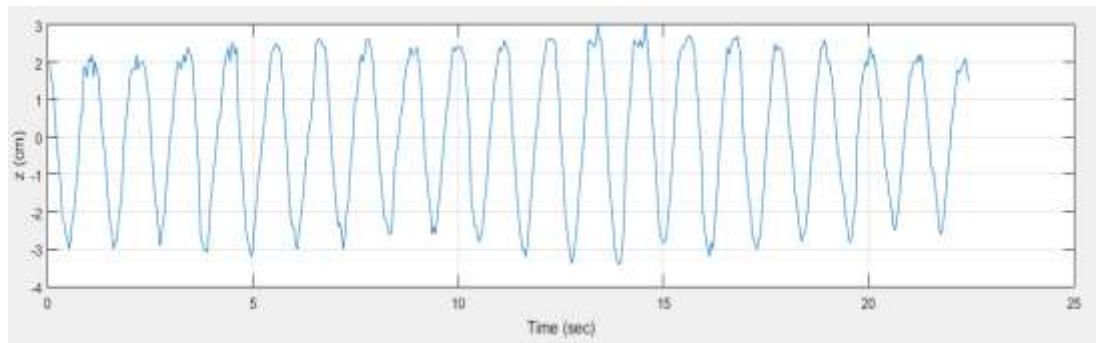
Hasil *output* data selanjutnya akan diolah menggunakan *software matlab*. Namun sebelum mengolah data, diperlukan validasi *software* tersebut untuk memastikan bahwa *software matlab* dapat mengolah data dengan benar. Validasi akan dilakukan dengan cara membandingkan hasil olah data manual menggunakan *excel* dengan hasil olah data *software matlab*. Hasil perbandingan olahan data *output* harus sama atau tidak boleh berbeda jauh. Berikut adalah tabel perbandingan olah data manual dengan *software matlab* dengan *input*  $H = 5$  cm dan  $T = 1.2$  detik.

**Tabel 4. 10.** Perbandingan Perhitungan Manual dengan *Matlab*.

Parameter	Perhitungan Manual	<i>Software Matlab</i>
Hs (cm)	5.61	5.59
Hmax (cm)	6.40	6.40
Haverage (cm)	5.28	5.31

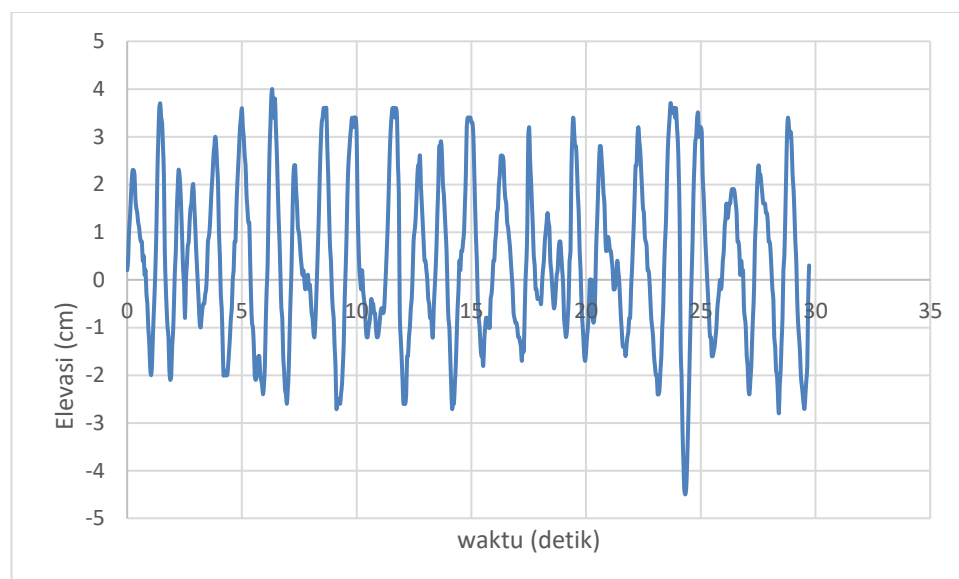


**Gambar 4. 16.** Gelombang Regular (Manual).

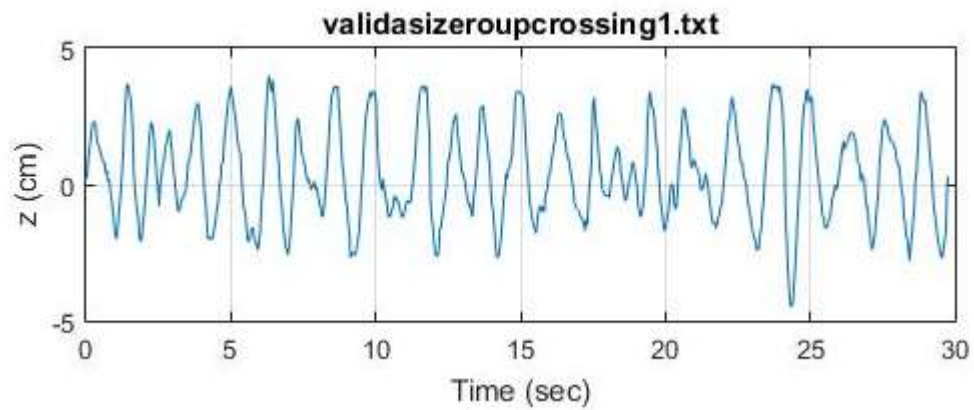


**Gambar 4. 17.** Gelombang Regular (*Matlab*).

Setelah melakukan validasi untuk gelombang regular, langkah selanjutnya ialah melakukan validasi untuk gelombang irregular. Seperti sebelumnya, validasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual dengan hasil *software matlab*. Berikut adalah tabel perbandingan olah data manual dengan *software matlab* untuk gelombang irregular dengan *input*  $H = 2$  cm dan  $T = 1.3$  detik.



**Gambar 4. 18.** Gelombang Irregular (Manual).



**Gambar 4. 19.** Gelombang Irregular (*Matlab*).

didapatkan tinggi dan periode gelombang dengan rincian pada tabel berikut :

**Tabel 4. 11.** Hasil Perhitungan Gelombang Irregular Manual.

Gel ke	H (cm)	T (detik)	H <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	1/3 H (cm)
1	4.3	1.24	18.49	8.2
2	5.8	0.84	33.64	6.6
3	3.1	0.52	9.61	6.3
4	3	0.88	9	6.2
5	5	1.16	25	6.1
6	6	1.48	36	6
7	6.6	1.04	43.56	5.8
8	3.6	1.12	12.96	5.6
9	6.3	1.24	39.69	5.6
10	4.6	1.76	21.16	
11	6.2	1.16	38.44	
12	3.8	1	14.44	
13	5.6	1.04	31.36	
14	5.2	1.48	27.04	
15	4.3	1.44	18.49	
16	3.7	0.72	13.69	
17	2	0.6	4	
18	2	0.56	4	
19	5.1	1.16	26.01	
20	3	0.88	9	
21	2	0.68	4	
22	5.6	1.4	31.36	
23	8.2	1.2	67.24	
24	5.1	1.36	26.01	

Gel ke	H (cm)	T (detik)	H <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	1/3 H (cm)
25	4.3	1.4	18.49	
26	5.2	1.24	27.04	
27	6.1	1.12	37.21	
Rata-rata	4.66	1.10	23.96	6.27

Dari Tabel 4.11. didapatkan parameter gelombang sebagai berikut:

- Tinggi gelombang maksimum ( $H_{\max}$ ) = 8.20 cm
- Tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) = 6.27 cm
- Tinggi gelombang rata-rata ( $H_{\text{avg}}$ ) = 4.66 cm
- Periode rata-rata = 1.10 detik
- Periode puncak = 1.19 detik
- Jumlah gelombang = 27

Kemudian dengan menggunakan *software matlab*, didapatkan hasil analisis gelombang irregular dengan rincian berikut ini :

- Tinggi gelombang maksimum ( $H_{\max}$ ) = 8.20 cm
- Tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) = 6.15 cm
- Tinggi gelombang rata-rata ( $H_{\text{avg}}$ ) = 4.52 cm
- Periode rata-rata = 1.06 detik
- Periode puncak = 1.24 detik
- Jumlah gelombang = 28

Selanjutnya ialah membandingkan beberapa parameter gelombang ke dalam Tabel 4.12 berikut ini:

**Tabel 4. 12.** Perbandingan Perhitungan Manual dengan *Matlab*.

Parameter Gelombang Datang	Manual	<i>Matlab</i>	Error
Tinggi gelombang maksimum ( $H_{\max}$ )	8.20	8.20	0%
Tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ )	6.27	6.15	2%
Tinggi gelombang rata-rata ( $H_{\text{avg}}$ )	4.66	4.52	3%
Periode rata-rata	1.10	1.06	4%
Periode puncak	1.19	1.24	4%
Jumlah gelombang	27	28	4%

#### 4.5. Pengaruh Jarak terhadap Redaman Gelombang

Perhitungan koefisien transmisi menggunakan parameter tinggi gelombang dari *output* eksperimen, yaitu tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) dan tinggi gelombang tereduksi ( $H_t$ ).

##### 4.5.1. Koefisien transmisi pada Kondisi Jarak Transversal

Berikut ini adalah tabel koefisien transmisi gelombang regular pada kondisi jarak transversal (menyamping) dengan *input data*  $H = 5$  cm dan  $T = 1.2$  s

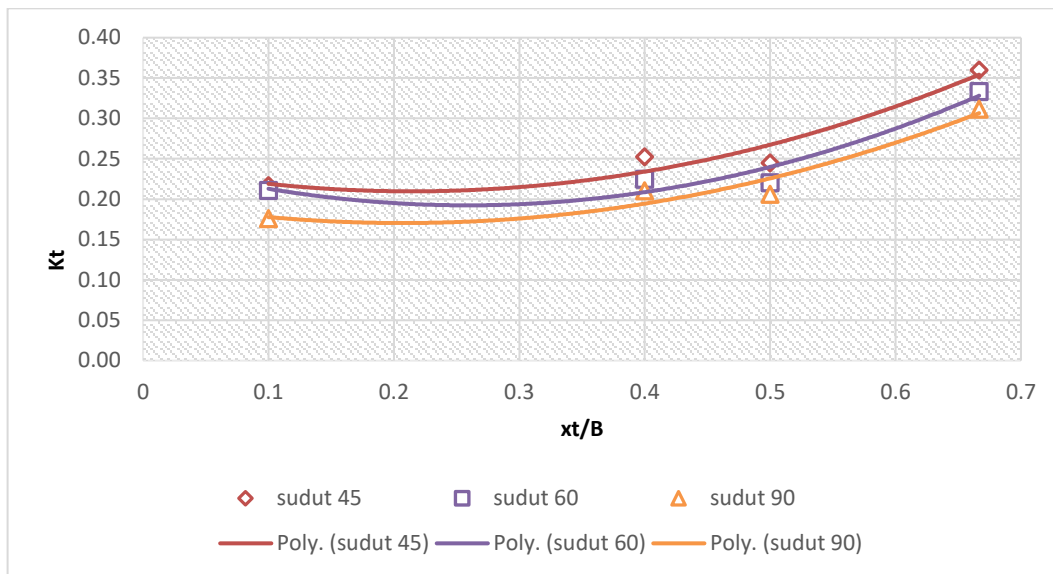
**Tabel 4. 13.** Perbandingan  $K_t$  akibat Pengaruh Jarak Transversal Gelombang Regular.

No	$x_t/B$	Sudut <i>Flap</i> (derajat)	$H_i$ (cm)	$T_i$ (s)	$H_t$ (cm)	$K_t$
1	0.1	45	5.41	1.12	1.17	0.22
2	0.4	45	5.32	1.12	1.34	0.25
3	0.5	45	5.32	1.12	1.30	0.25
4	0.8	45	5.31	1.10	1.91	0.36
5	0.1	60	5.31	1.10	1.12	0.21
6	0.4	60	5.22	1.12	1.17	0.22
7	0.5	60	5.22	1.12	1.15	0.22
8	0.8	60	5.22	1.12	1.74	0.33
9	0.1	90	5.23	1.10	0.92	0.18
10	0.4	90	5.32	1.10	1.12	0.21
11	0.5	90	5.33	1.12	1.10	0.21
12	0.8	90	5.32	1.12	1.66	0.31

Keterangan :

$x_t$ = jarak transversal antar model struktur (cm)

$B$ = lebar model struktur (cm)

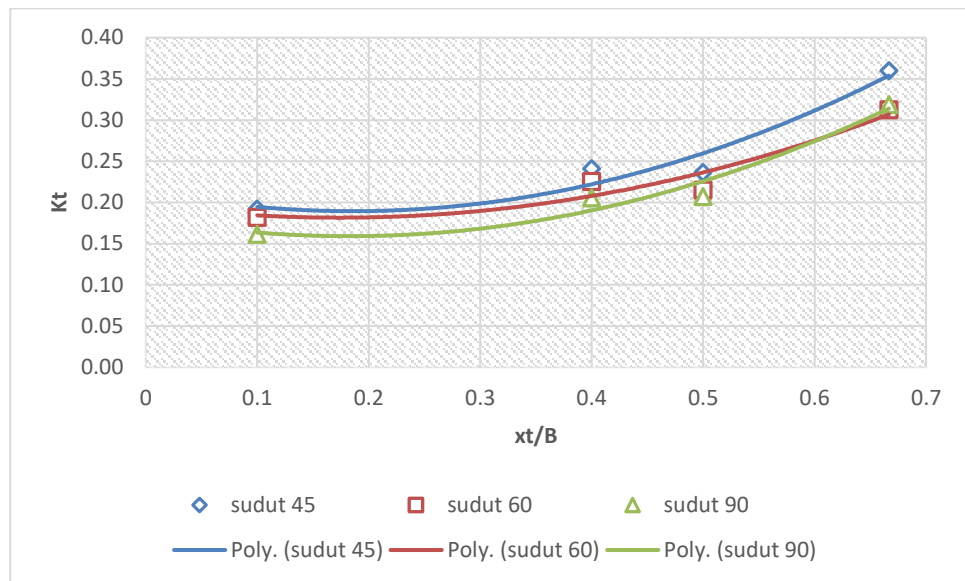


**Gambar 4. 20.** Kt vs xt/B Gelombang Regular.

Sedangkan untuk koefisien transmisi jarak transversal gelombang irregular dirangkum dalam tabel dan grafik berikut :

**Tabel 4. 14.** Perbandingan Kt akibat Pengaruh Jarak Transversal Gelombang Irregular.

No	Rasio (xt/B)	Sudut Flap (derajat)	Hi (cm)	Ti (s)	Ht (cm)	Kt
1	0.1	45	5.10	1.00	0.98	0.19
2	0.4		5.22	0.91	1.26	0.24
3	0.5		5.20	1.00	1.23	0.24
4	0.8		5.36	1.21	1.93	0.36
5	0.1	60	5.37	0.98	0.98	0.18
6	0.4		5.22	0.95	1.18	0.23
7	0.5		5.30	1.00	1.14	0.22
8	0.8		5.28	1.00	1.65	0.31
9	0.1	90	5.07	1.21	0.82	0.16
10	0.4		5.30	1.22	1.09	0.21
11	0.5		5.35	0.91	1.11	0.21
12	0.8		5.30	1.21	1.69	0.32



**Gambar 4. 21.**  $K_t$  vs  $x_t/B$  Gelombang Irregular.

Gambar 4.20 dan 4.21 serta Tabel 4.13 dan 4.14 menunjukkan relasi antara pengaruh jarak transversal ( $x_t/B$ ) dengan koefisien transmisi ( $K_t$ ) yang dibedakan oleh sudut *sudut flap OWS*. Berdasarkan ujicoba yang telah dilakukan, observasi dilakukan untuk meninjau pengaruh masing – masing parameter tak berdimensi terhadap koefisien transmisinya sebagai berikut :

- Jarak transversal sebesar 5 cm dengan parameter jarak ( $x_t/B = 0.1$ ) memiliki angka koefisien transmisi terendah dengan kisaran 0.18 – 0.22 untuk gelombang regular dan 0.16 – 0.19 untuk gelombang irregular. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh jarak transversal yang semakin rapat mengakibatkan gelombang datang lebih mudah diredam. Struktur *OWS* yang rapat secara transversal menghalangi penjalaran gelombang. Gelombang datang akan dipantulkan oleh struktur *OWS* dan sebagian lainnya ditransmisikan ke belakang struktur.
- Jarak transversal sebesar 36 cm dengan parameter jarak ( $x_t/B = 0.8$ ) memiliki angka koefisien transmisi tertinggi dengan kisaran 0.31 – 0.36 untuk gelombang regular dan 0.31 – 0.36 untuk gelombang irregular. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh jarak transversal yang semakin renggang mengakibatkan gelombang datang teredam tetapi tidak sebaik redaman pada jarak transversal yang rapat. Hal ini dikarenakan gelombang datang

mengalami interaksi yang lebih sedikit dibanding dengan jarak transversal yang rapat.

- Gelombang datang akan lebih mudah teredam pada sudut *flap*  $90^0$ , hal ini ditunjukkan oleh grafik dimana koefisien transmisi saat sudut *flap*  $90^0$  selalu lebih kecil dibanding dengan saat sudut  $60^0$  maupun  $45^0$ . Hal tersebut disebabkan karena ketika *flap OWS* dalam posisi tegak ( $90^0$ ) dapat memantulkan gelombang datang lebih baik dibanding ketika *flap* dalam posisi miring ( $45^0$  dan  $60^0$ ). Gelombang yang terpantulkan menyebabkan penjaran terhadap gelombang datang berikutnya menjadi berkurang. Hal ini menyebabkan gelombang pantul atau refleksi meniadakan laju gelombang datang, sehingga gelombang datang menjadi pecah sebelum mencapai struktur *OWS* kembali. Energi dalam gelombang merupakan energi kinetik yang ditunjukkan oleh cepat rambat gelombang ( $C$ ) dan kecepatan partikel gelombang. Sementara energi gelombang identik dengan energi potensial karena adanya tinggi gelombang itu sendiri. Gelombang datang memiliki energi potensial dan energi kinetik yang sama, tetapi setelah menabrak struktur *OWS* dengan kondisi *flap* yang tegak ( $90^0$ ), menyebabkan gelombang terpantulkan mengalami superposisi terhadap gelombang datang berikutnya. Fenomena ini menyebabkan penjaran gelombang menjadi berkurang namun tinggi gelombang menjadi bertambah sehingga tidak ada energi gelombang yang hilang. Selanjutnya, karena gelombang terlalu tinggi menyebabkan kecepatan partikel gelombang pada puncaknya lebih besar dibanding dengan cepat rambatnya, sehingga sebagian gelombang pecah sebelum mencapai struktur *OWS*, sementara sebagian lainnya yang tidak pecah akan ditransmisikan atau diteruskan ke belakang struktur *OWS*.



#### 4.5.2. Koefisien Transmisi pada Kondisi Jarak Longitudinal

Berikut ini adalah angka koefisien transmisi gelombang regular pada kondisi jarak longitudinal (berbaris ke belakang) dengan *input*  $H = 5$  cm dan  $T = 1.2$  s.

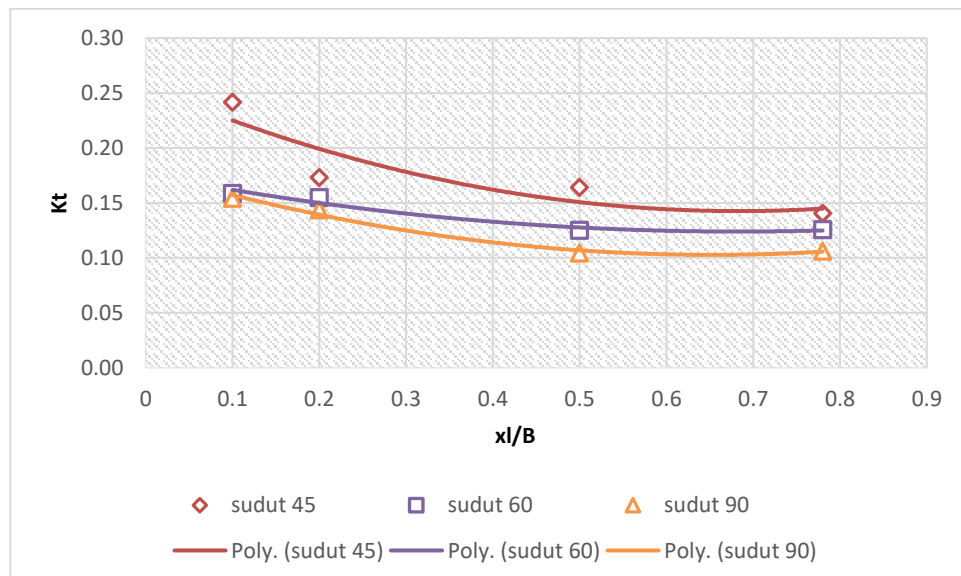
**Tabel 4. 15.** Perbandingan  $K_t$  akibat Pengaruh Jarak Longitudinal Gelombang Regular.

No	$x_l/B$	Sudut Flap (derajat)	$H_i$ (cm)	$T_i$ (s)	$H_t$ (cm)	$K_t$
1	0.1	45	5.32	1.12	1.29	0.24
2	0.2	45	5.22	1.12	0.91	0.17
3	0.5	45	5.41	1.12	0.89	0.16
4	0.8	45	5.41	1.11	0.76	0.14
5	0.1	60	5.31	1.11	0.84	0.16
6	0.2	60	5.45	1.12	0.84	0.15
7	0.5	60	5.38	1.12	0.67	0.13
8	0.8	60	5.28	1.11	0.66	0.13
9	0.1	90	5.31	1.12	0.82	0.15
10	0.2	90	5.45	1.11	0.78	0.14
11	0.5	90	5.36	1.11	0.56	0.10
12	0.8	90	5.23	1.12	0.56	0.11

Keterangan :

$x_l$  = jarak longitudinal antar model struktur (cm)

$B$  = lebar model struktur (cm)

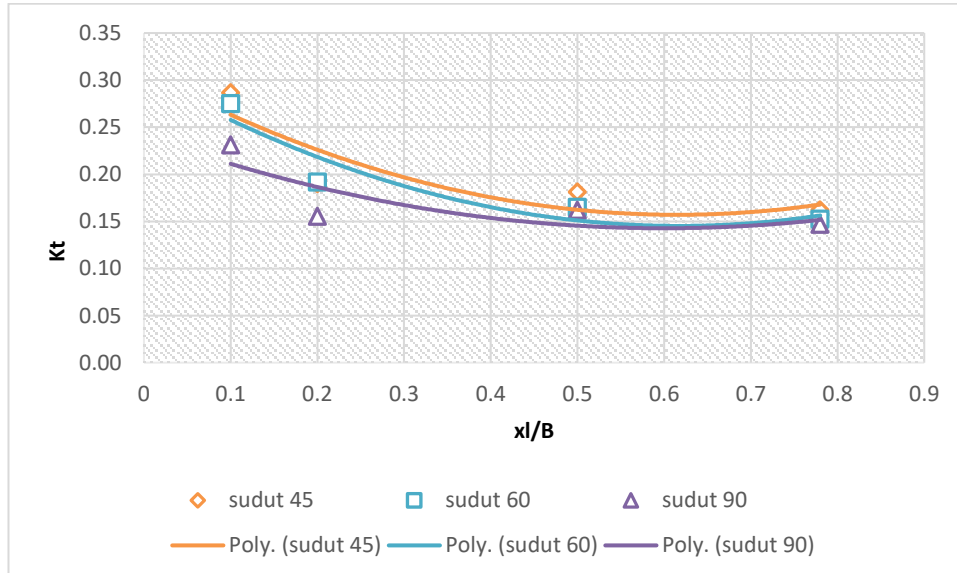


**Gambar 4. 22.**  $K_t$  vs  $x_l/B$  Gelombang Regular.

Sedangkan untuk koefisien transmisi jarak longitudinal gelombang irregular dirangkum dalam tabel dan grafik berikut :

**Tabel 4. 16.** Perbandingan Kt akibat Pengaruh Jarak Longitudinal Gelombang Irregular.

No	Rasio (xl/B)	Sudut Flap (derajat)	Hi (cm)	Ti (s)	Ht (cm)	Kt
1	0.1	45	5.31	1.24	1.52	0.29
2	0.2		5.22	1.00	0.99	0.19
3	0.5		5.21	1.24	0.94	0.18
4	0.8		5.11	1.13	0.83	0.16
5	0.1	60	5.13	1.24	1.41	0.27
6	0.2		5.02	0.95	0.96	0.19
7	0.5		5.30	1.24	0.87	0.16
8	0.8		5.29	0.98	0.80	0.15
9	0.1	90	5.32	1.24	1.23	0.23
10	0.2		5.22	0.86	0.81	0.16
11	0.5		5.38	1.24	0.87	0.16
12	0.8		5.40	1.00	0.79	0.15



**Gambar 4. 23.** Kt vs xl/B Gelombang Irregular.

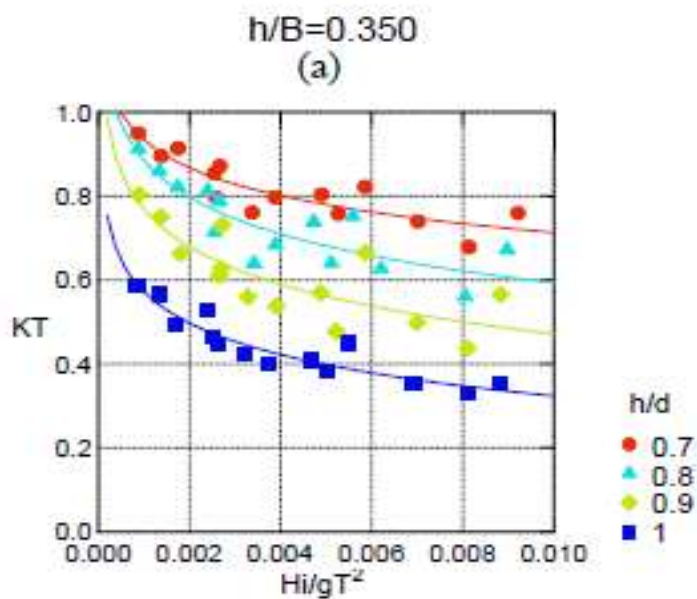
Gambar 4.22 dan 4.23 serta Tabel 4.15 dan 4.16 menunjukkan relasi antara pengaruh jarak longitudinal ( $xl/B$ ) dengan koefisien transmisi ( $K_t$ ) yang dibedakan oleh sudut *sudut flap OWS*. Berdasarkan ujicoba yang telah

dilakukan, observasi dilakukan untuk meninjau pengaruh masing – masing parameter tak berdimensi terhadap koefisien transmisinya sebagai berikut :

- Jarak longitudinal (berbaris ke belakang) sebesar 35 cm dengan parameter jarak ( $x_l/B = 0.8$ ) memiliki angka koefisien transmisi terendah dengan kisaran 0.11 – 0.14 untuk gelombang regular dan 0.15 – 0.16 untuk gelombang irregular. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh jarak longitudinal yang semakin renggang mengakibatkan gelombang datang lebih mudah diredam. Struktur *OWS* yang renggang secara longitudinal menghalangi penjararan gelombang. Struktur *OWS* bagian depan memantulkan dan mentransmisikan gelombang datang sebelum gelombang tersebut mencapai struktur *OWS* bagian belakang. Karena jarak longitudinal yang jauh, gelombang transmisi yang disebabkan struktur *OWS* bagian depan akan mengalami kehilangan energi secara sendirinya sebelum mencapai struktur *OWS* bagian belakang, sehingga ketika gelombang tersebut mencapai struktur *OWS* bagian belakang, gelombang sudah cenderung tenang dan lebih mudah teredam.
- Jarak longitudinal (berbaris ke belakang) sebesar 5 cm dengan parameter jarak ( $x_l/B = 0.1$ ) memiliki angka koefisien transmisi tertinggi dengan kisaran 0.15 – 0.24 untuk gelombang regular dan 0.23 – 0.29 untuk gelombang irregular. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh jarak longitudinal yang semakin rapat mengakibatkan gelombang datang teredam tetapi tidak sebaik redaman pada jarak longitudinal yang renggang. Gelombang transmisi oleh struktur *OWS* bagian depan belum cenderung tenang ketika mencapai struktur *OWS* bagian belakang, sehingga redamannya tidak sebaik jarak longitudinal yang renggang.
- Gelombang datang akan lebih mudah teredam pada sudut *flap*  $90^0$ , hal ini ditunjukkan oleh grafik dimana koefisien transmisi saat sudut *flap*  $90^0$  selalu lebih kecil dibanding dengan saat sudut  $60^0$  maupun  $45^0$ . Fenomena ini tidak berbeda dengan jarak transversal seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya.

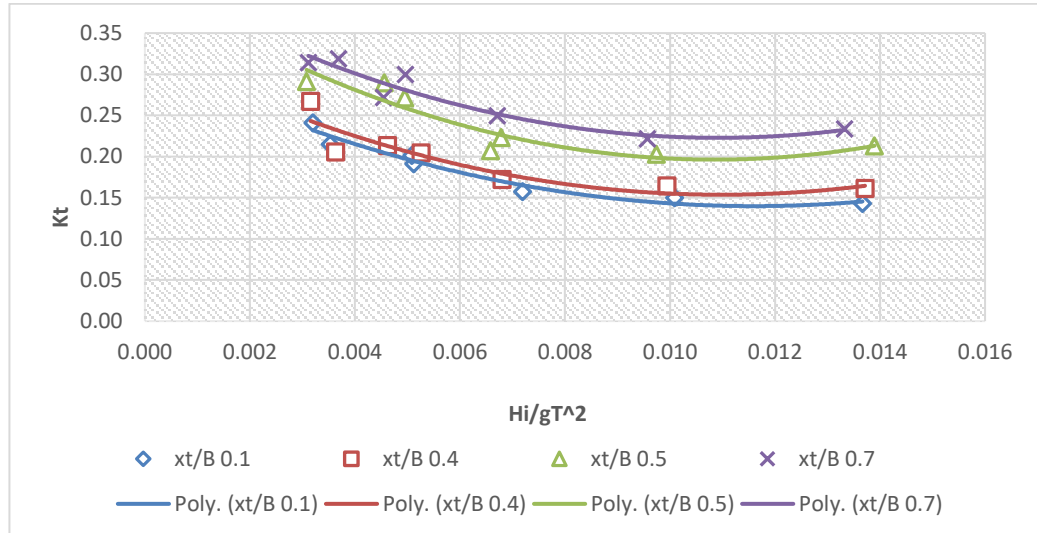
#### 4.6. Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap Redaman Gelombang

Pada penelitian Armono (2004) tentang *submerged artificial reefs*, menyebutkan bahwa koefisien transmisi berbanding terbalik dengan kecuraman gelombang. Artinya, semakin besar koefisien kecuraman gelombang maka semakin kecil koefisien transmisi. Berikut adalah grafik pengaruh kecuraman gelombang terhadap koefisien transmisi berdasarkan penelitian Armono (2004) yang telah dilakukan :



**Gambar 4. 24.** Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap Koefisien Transmisi (Armono, 2004).

Sedangkan di bawah ini adalah hasil penelitian OWS yang telah dilakukan tentang kecuraman gelombang dan koefisien transmisi :



**Gambar 4. 25.** Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap  $K_t$  (Jarak Transversal Sudut  $90^\circ$ ).

Pada grafik di atas Gambar 4.25 dapat dilihat bahwa koefisien transmisi ( $K_t$ ) cenderung mengecil seiring dengan meningkatnya koefisien kecuraman gelombang. Hal ini sesuai dengan penelitian Armono (2004) yang mengatakan bahwa koefisien transmisi berbanding terbalik dengan kecuraman gelombang.

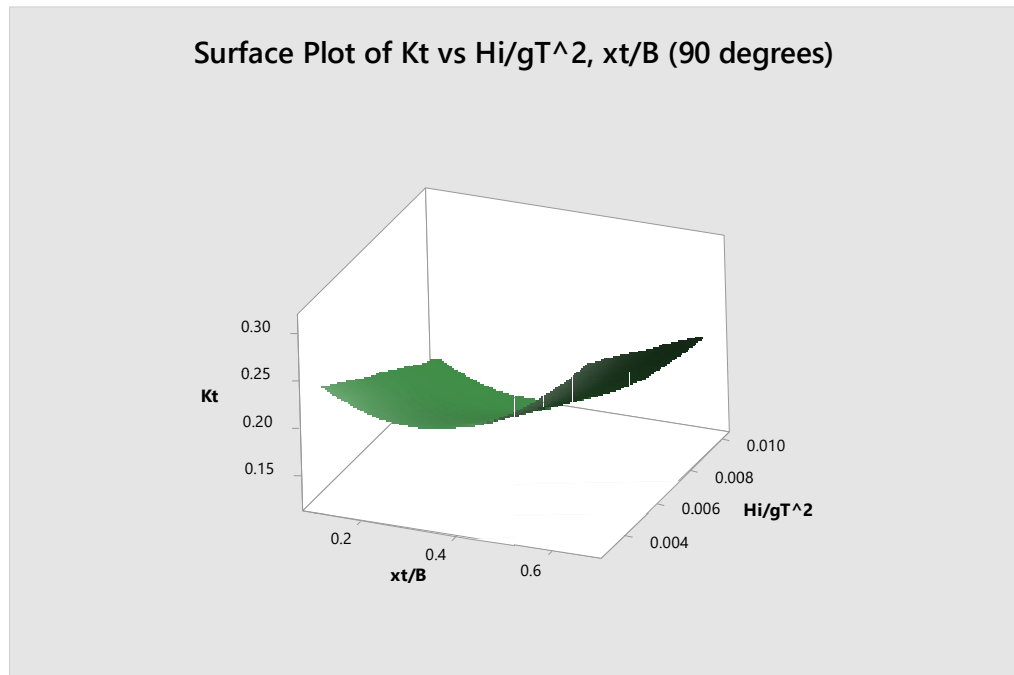
Pada ujicoba kecuraman gelombang di atas, dilakukan pengujian sebanyak 28 kali per sudut *flap*. Untuk mengurangi jumlah pengujian namun tetap menampilkan keseluruhan hasil, dapat digunakan metode *steepest ascent* seperti yang telah dijelaskan di bab 2. Berikut ini adalah tabel perancangan untuk pengujian pengaruh kecuraman gelombang terhadap koefisien transmisi (jarak transversal, sudut *flap*  $90^\circ$ ), mengacu pada Tabel 2.1.

**Tabel 4. 17.** Pengujian dengan Metode *Steepest Ascent*.

Run	Natural Variable		Coded Variable		Response
	xt/B	Hi/gT <sup>2</sup>	x1	x2	Kt
1	0.1	0.003	-1	-1	0.24
2	0.1	0.01	-1	1	0.15
3	0.7	0.003	1	-1	0.31
4	0.7	0.01	1	1	0.22
5	0.4	0.007	0	0	0.17
6	0.4	0.007	0	0	0.19
7	0.4	0.007	0	0	0.18
8	0.4	0.007	0	0	0.17
9	0.4	0.007	0	0	0.17

Berdasarkan Tabel 4.17 di atas, angka -1, 0, dan 1 merupakan angka minimum, rata – rata, dan maksimum untuk masing – masing *natural variable*. Dalam pengujian kali ini, *natural variable* yang digunakan ialah jarak relatif antar model (xt/B) dan kecuraman gelombang (Hi/gT<sup>2</sup>). Angka xt/B memiliki *range* 0.1 – 0.7, yang artinya angka minimum dari xt/B adalah 0.1 , angka maksimum xt/B adalah 0.7 , dan angka rata – rata xt/B adalah 0.4 .Sedangkan untuk kecuraman gelombang (Hi/gT<sup>2</sup>) memiliki range 0.003 – 0.01, yang artinya angka minimum dari Hi/gT<sup>2</sup> adalah 0.003 , angka maksimum dari Hi/gT<sup>2</sup> adalah 0.01 , dan angka rata – rata dari Hi/gT<sup>2</sup> adalah 0.007.

Setelah melakukan pengujian berdasarkan Tabel 4.10, maka didapatkan grafik *response surface* dengan menggunakan *software minitab* seperti berikut :



**Gambar 4. 26.** *Response Surface* Kt vs  $H_i/gT^2$  (transversal, sudut flap  $90^0$ ).

Gambar 4.26 merupakan grafik 3-dimensi *response surface*. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar angka bilangan tak berdimensi  $xt/B$ , maka semakin besar pula angka Kt yang dihasilkan, sesuai dengan hasil yang dibahas sebelumnya pada Gambar 4.20 dan 4.21. Kemudian jika melihat dari sisi  $H/gT^2$ , terlihat bahwa semakin besar angka kecuraman gelombang  $H/gT^2$ , maka semakin kecil angka Kt yang dihasilkan, sesuai dengan hasil pada Gambar 4.25. Jadi, metode *steepest ascent* dapat digunakan untuk mengurangi jumlah pengujian, tetapi tetap menampilkan keseluruhan hasil yang diinginkan. Namun jika menginginkan hasil yang lebih teliti dan mengurangi jumlah *error*, tetap diperlukan jumlah pengujian yang lebih banyak dari metode *steepest ascent*.

Gelombang datang dengan angka kecuraman gelombang  $H_i/gT^2$  yang tinggi memiliki angka koefisien transmisi (Kt) yang rendah. Artinya, menandakan

bahwa kecuraman gelombang  $H_i/gT^2$  berbanding terbalik dengan koefisien transmis  $K_t$ . Hal tersebut dikarenakan gelombang dengan kecuraman yang tinggi membuat gelombang tersebut menjadi tidak stabil dan mudah pecah. Berdasarkan SPM 1984 Vol 1.1, ketika gelombang mencapai batas kecuramannya, maka gelombang akan pecah dan terjadi disipasi energi. Hal ini terjadi karena akibat dari kecepatan partikel air pada puncak gelombang lebih tinggi dibanding cepat rambat gelombang. Perlu diketahui bahwa ketika gelombang mengenai model struktur *OWS*, cepat rambat gelombang tersebut akan berkurang. Gelombang dengan kecuraman rendah memiliki kestabilan yang lebih baik dibanding dengan gelombang dengan kecuraman yang tinggi.



## **BAB 5**

### **Kesimpulan dan Saran**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan analisis data hasil pengujian dan perhitungan, maka dapat disimpulkan:

1. Pengaruh jarak transversal antar model menghasilkan koefisien transmisi terkecil 0.18-0.22 saat jarak transversal antar model paling rapat dan terbesar 0.31-0.36 saat jarak transversal antar model paling renggang kondisi gelombang regular. Sedangkan ketika kondisi gelombang irregular koefisien transmisi terkecil 0.16-0.19 saat jarak transversal antar model paling rapat dan koefisien transmisi terbesar 0.31-0.36 saat jarak transversal antar model paling renggang. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rapat jarak transversal antar model maka semakin kecil koefisien transmisi yang dihasilkan.
2. Pengaruh jarak longitudinal antar model menghasilkan koefisien transmisi terkecil 0.11-0.14 saat jarak longitudinal antar model paling renggang dan terbesar 0.15-0.24 saat jarak longitudinal antar model paling rapat kondisi gelombang regular. Sedangkan ketika kondisi gelombang irregular koefisien transmisi terkecil 0.15-0.16 saat jarak longitudinal antar model paling renggang dan koefisien transmisi terbesar 0.23-0.29 saat jarak longitudinal antar model paling rapat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin renggang jarak longitudinal antar model maka semakin kecil koefisien transmisi yang dihasilkan.
3. Pengaruh kecuraman gelombang terhadap redaman gelombang ialah pada saat kondisi gelombang paling curam, koefisien transmisi yang dihasilkan sebesar 0.14-0.22, sedangkan saat kondisi gelombang landai, koefisien transmisi yang dihasilkan sebesar 0.24-0.32. Hal ini menunjukkan bahwa semakin curam gelombang maka semakin kecil koefisien transmisi yang dihasilkan.

## 5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut adalah saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Menyempurnakan model *OWS* dengan perilaku *flap* yang dinamis.
2. Menganalisis stabilitas *OWS*.
3. Menganalisis lebih lanjut tentang energi yang dapat dihasilkan oleh *OWS*.
4. Menganalisis redaman gelombang *OWS* secara numerik untuk membandingkan antara hasil eksperimen dengan hasil numerik agar dapat saling memvalidasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Armono, H. D. 2004. Wave Transmission over Hemispherical Shape Artificial Reefs. *Marine Technology Conference* (p.10). Johon Bahru, Malaysia: MARTEC.
- Bhattacharya, R. 1972. *Dynamic of Marine Vehicles*. Annapolis, Maryland: Wiley-Interscience.
- Chehaze, W., Chamoun, D., Bou-Mosleh, C., & Rahme, P. 2016. Wave Roller Device for Power Generation. *Procedia Engineering*, 145, 144–150.
- Dean, R.G. & Dalrymple, R.A. 1991. *Water Wave Mechanics for Engineer and Scientists*. USA: World Scientific.
- Department of The Army. 1984. *Shore Protection Manual*. Mississippi: Waterways Experiment Station.
- Djarmiko, Eko Budi. 2012. *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di atas Gelombang Acak*. Surabaya: itspress.
- Hughes, S.A. 1993. *Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*. USA: Coastal Engineering Research Center.
- Kaimuddin, J.S. 2013. Tugas Akhir: “Studi Eksperimen Analisa Redaman Gelombang pada *Floating Concrete Breakwater Tipe Catamaran*”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Kamphuis, J.W. 2000. *Introduction to Coastal Engineering and Management*. Canada: World Scientific.
- Kasanen, Erkki. 2015. *Positive Experiences of the Waveroller in Portugal and France*. Lisbon: WavEc Conference.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2015. *Rencana Strategis*. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan 2015 – 2019.
- Kusuma, B.J. 2012. Tugas Akhir: “Analisa Redaman Gelombang dengan Variasi Konfigurasi *Floating Concrete Breakwater*”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Lucas, J. 2012. “Development of a wave energy converter (WEC) design tool – application to the WaveRoller WEC including validation of numerical

- estimates”. *4<sup>th</sup> International Conference on Ocean Energy* (6 pp). Dublin: International Conference on Ocean Energy.
- Lynn, Paul A. 2014. *Electricity from Wave and Tide*. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- Montgomery, Douglas C. 1991. *Design and Analysis of Experiments*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Mukhtasor. 2015. *Mengenal Energi Laut*. Surabaya: ICEES.
- Norgaard, J.H., and Andersen, T.L. 2012. Investigation of Wave Transmission from a Floating Wave Dragon Wave Energy Converter. *International Offshore and Polar Engineering Conference* (pp. 509-516). Rhodes, Greece: International Society of Offshore and Polar Engineers
- Oliveira, P., Taveira-Pinto, F., Morais, T., & Rosa-Santos, P. 2016. Experimental evaluation of the effect of wave focusing walls on the performance of the Sea-wave Slot-cone Generator. *Energy Conversion and Management*, 110, 165–175.
- Pérez-Collazo, C., Greaves, D., & Iglesias, G. 2015. A review of combined wave and offshore wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 141–153.
- Ruol, P., Zanuttigh, B., Martinelli, L., Kofoed, P., & Frigaard, P. 2011. Near-Shore Floating Wave Energy Converters: Applications for Coastal Protection. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(32), 61.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset.

## LAMPIRAN A

**TABEL PERHITUNGAN  $H_i/gT^2$  vs  $K_t$  (sudut 90 transversal)**

No	xt/B	$H_i$	$T_i$	$H/gT^2$	$H_t$	$K_t$
1	0.1	5.07	1.21	0.004	0.82	0.16
2	0.1	5.23	1.29	0.003	1.26	0.24
3	0.1	7.90	0.89	0.010	1.19	0.15
4	0.1	7.81	1.25	0.005	1.50	0.19
5	0.1	8.20	1.28	0.005	1.65	0.20
6	0.1	10.41	0.88	0.014	1.49	0.14
7	0.1	10.42	1.22	0.007	1.64	0.16
8	0.4	5.30	1.22	0.004	1.09	0.21
9	0.4	5.24	1.30	0.003	1.40	0.27
10	0.4	7.92	0.90	0.010	1.30	0.16
11	0.4	7.83	1.23	0.005	1.60	0.20
12	0.4	7.81	1.31	0.005	1.67	0.21
13	0.4	10.45	0.88	0.014	1.69	0.16
14	0.4	10.31	1.24	0.007	1.78	0.17
15	0.5	5.35	0.91	0.007	1.11	0.21
16	0.5	5.21	1.31	0.003	1.52	0.29
17	0.5	7.76	0.90	0.010	1.58	0.20
18	0.5	7.79	1.27	0.005	2.11	0.27
19	0.5	7.81	1.32	0.005	2.26	0.29
20	0.5	10.35	0.87	0.014	2.20	0.21
21	0.5	10.43	1.25	0.007	2.33	0.22
22	0.7	5.30	1.21	0.004	1.69	0.32
23	0.7	5.33	1.32	0.003	1.67	0.31
24	0.7	7.81	0.91	0.010	1.73	0.22
25	0.7	7.79	1.26	0.005	2.34	0.30
26	0.7	7.76	1.32	0.005	2.11	0.27
27	0.7	10.38	0.89	0.013	2.43	0.23
28	0.7	10.38	1.26	0.007	2.59	0.25

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## LAMPIRAN B

### TAMPILAN *OUTPUT SOFTWARE MATLAB-WAVAN*

```
>> wavan
```

Program WAVAN

Wave Analysis

#### INPUT

```
enter input filename  validasizeroupcrossing1.txt
Enter Number of Columns in Input File: 1
Enter Sampling Time, Delt: 0.04
Enter No. of Points (Multiple of 8): 744
Do you want plots? - Yes=1, No=0: 1
Remove Mean (1) or Trend (2)?: 2
Enter Desired Resolution, M: 10
```

```
Enter Number of Bins for Histogram: 5
```

#### Basic Output

```
Mean Water Level      = 0.5743 centimetres
Water Level Trend     = -0.01101 cm/s
Sigma                 = 1.725 centimetres
```

#### Wave Statistics

```
Up-Crossing (1), Down-Crossing (2) or Average (3)?: 1
```

```
Number of Waves      = 28
Average Wave Period   = 1.0629 seconds
Significant Wave Height = 6.1534 centimetres
Maximum Wave Height   = 8.1929 centimetres
Average Wave Height   = 4.5196 centimetres
rms Wave Height       = 4.7872 centimetres
Average of Highest 1/10 = 6.8194 centimetres
SigmaZ                = 1.4383 centimetres
Warning: Integer operands are required for colon operator when used as index
> In wavan (line 472)
```

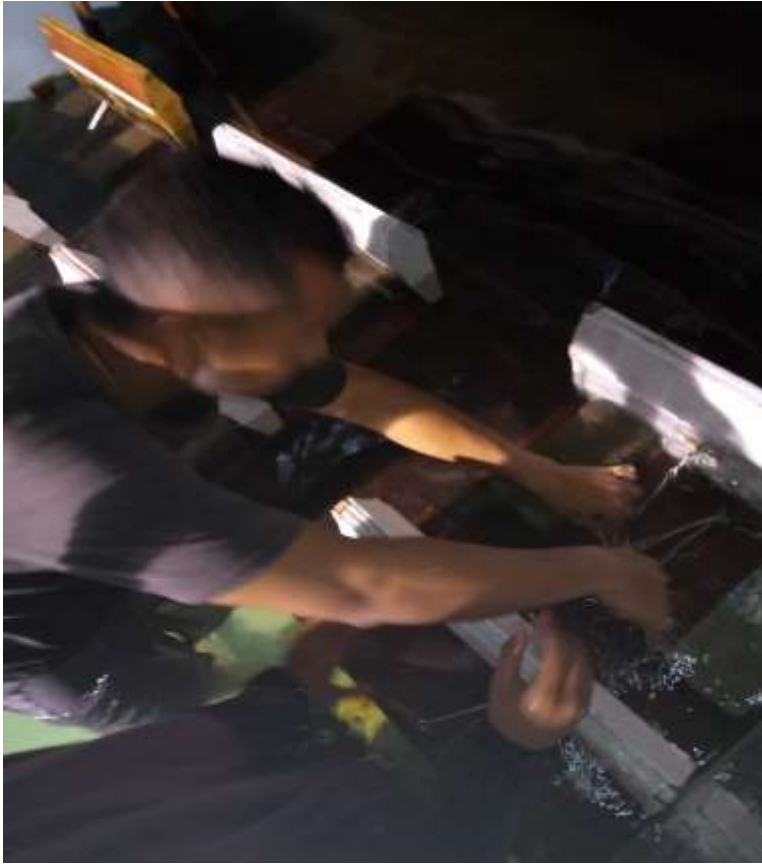
Warning: Integer operands are required for colon operator when used as index  
> In wavan (line 472)

fmin	= 0.0336 Hz
Sigma	= 1.7251 cm
S(p)	= 24.0631 cm <sup>2</sup> /Hz
f(p)	= 0.8065 Hz
T(p)	= 1.2400 sec



**LAMPIRAN C**  
**DOKUMENTASI**





## BIODATA PENULIS



**Mochamad Aji Pamungkas** dilahirkan di Jakarta, 16 Mei 1996, merupakan anak bungsu dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Bhayangkari 24 Jakarta, SDN Semper Timur 01 Jakarta, SMPN 30 Jakarta, dan SMAN 13 Jakarta. Setelah lulus dari SMAN 13 Jakarta pada tahun 2014, penulis mengikuti seleksi SNMPTN dan diterima di Departemen Teknik Kelautan FTK ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 4314100052 yang kemudian mengalami perubahan format menjadi 04311440000052.

Selama menempuh perjalanan menjadi mahasiswa S1 Teknik Kelautan, penulis tidak hanya aktif di kelas untuk mengikuti perkuliahan formal namun penulis juga turut aktif di luar kelas untuk belajar berorganisasi, antara lain aktif sebagai staff humas LMB ITS 2015/2016, staff acara POMITS 2015 cabang billiard, staff panitia penyelenggara ITS Expo 2015 & 2016, koordinator acara Peksimits 2016, koordinator humas POMITS 2017 cabang billiard, kepala departemen eksternal UKM ITS Billiard 2016/2017, dan panitia penyelenggara turnamen billiard untuk pelajar/mahasiswa se-Surabaya pada tahun 2017. Untuk turut berkontribusi dalam mencerdaskan bangsa, penulis memiliki pengalaman menjadi guru/mentor *private* untuk siswa SMP di bimbel *prof heroes* Surabaya pada awal hingga tengah tahun 2017. Selain aktif berorganisasi, penulis juga memiliki pengalaman kerja praktek pada pertengahan tahun 2017 di PT IKPT Jakarta di bagian *civil dept*. Pada akhir tahun 2017, penulis diberi kesempatan untuk menjadi *presenter* di seminar internasional *ISOCEEN 2017* yang diadakan oleh Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Pada tahun akhir perkuliahan, penulis memfokuskan peminatan studi di bidang *coastal engineering* dan energi laut. Sehingga untuk judul tugas akhir, penulis memilih judul yang mencakupi bidang tersebut yaitu “Studi Eksperimen Pengaruh Jarak terhadap Redaman Gelombang pada Pembangkit Listrik Tipe *Oscillating Wave Surge* Sistem Jamak”.

*email* : mochapip96@gmail.com